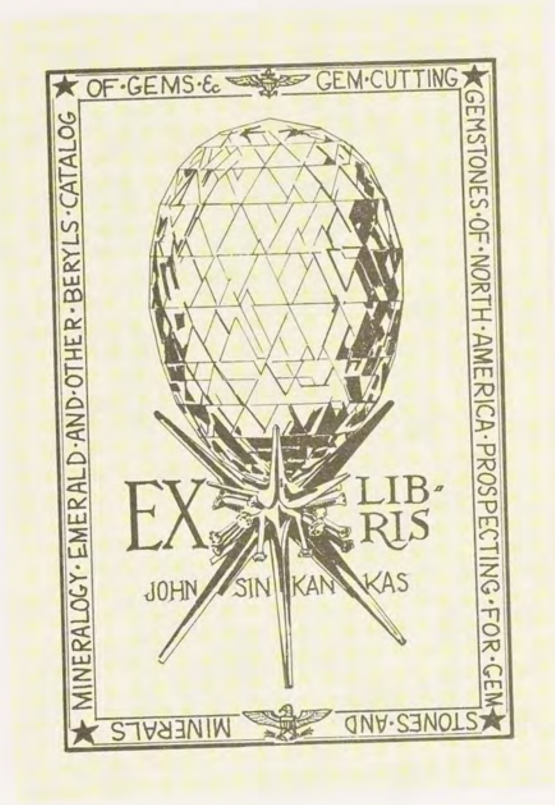


JS

RANGEL


★ OF·GEMS·&c GEM·CUTTING ★
GEMSTONES·OF·NORTH·AMERICA·PROSPECTING·FOR·GEM
★ STONES·AND MINERALS ★
MINERALOGY·EMERALD·AND·OTHER·BERYLS·CATALOG
EX LIB-RIS
JOHN SIN KAN KAS

SECRETARIA DE FOMENTO, COLONIZACION É INDUSTRIA.

BOLETÍN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO

NUMERO 16

LOS CRIADEROS DE FIERRO DEL CERRO DE MERCADO, DURANGO,

Y DE LA

HACIENDA DE VAQUERIAS, HiDALGO.



MEXICO
OFICINA TIP. DE LA SECRETARIA DE FOMENTO
Calle de San Andrés número 15.
1902

BOLETIN

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO.

Núm. 1.—Fauna Fósil de la Sierra de Catorce, por A. del Castillo y J. G. Aguilera.—1895—56 pp., 24 lám.

Núm. 2.—Las Rocas Eruptivas del S.O. de la Cuenca de México, por E. Ordóñez.—1895—46 pp., 1 lám.

Núm. 3.—La Geografía Física y la Geología de la Península de Yucatán, por C. Sapper.—1896—58 pp., 6 lám.

Núms. 4, 5 y 6.—Bosquejo Geológico de México.—1897—272 pp. 5 lám.

Núms. 7, 8 y 9.—El Mineral de Pachuca.—1897—184 pp., 14 lám.

Núm. 10.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana por R. Aguilar y Santillán.—1898.—158 pp.

Núm. 11.—Catálogos sistemático y geográfico de las especies mineralógicas de la República Mexicana, por José G. Aguilera.—1898.—158 pp.

Núm. 12.—El Real del Monte, por E. Ordóñez y M. Rangel.—1899.—108 pp., 26 lám.

Núm. 13.—Geología de los alrededores de Orizaba, con un perfil de la vertiente oriental de la Mesa Central de México, por Emilio Böse.—1899.—54 pp. 3 lám.

Núm. 14.—Las Rhyolitas de México (Primera parte), por E. Ordóñez.—1900.—78 pp. 6 lám.

Núm. 15.—Las Rhyolitas de México (Segunda parte), por E. Ordoñez.—1901.—78 pp. 6 lám.

Núm. 16.—Los criaderos de fierro del Cerro del Mercado en Durango, por M. F. Rangel, y de la Hacienda de Vaquerías, Estado de Hidalgo, por J. D. Villarello y E. Böse.—1902.—144 pp. 5 lám.

INSTITUTO
GEOLOGICO DE MEXICO

BOLETIN NUM. 16.

BOLETIN

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO.

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO.

Director, José G. Aguilera.

LOS CRIADEROS DE FIERRO

DEL

CERRO DE MERCADO EN DURANGO

POR M. F. RANGEL

Y DE LA HACIENDA DE VAQUERIAS, ESTADO DE HIDALGO

POR

J. D. VILLARELLO Y E. BÖSE.



MÉXICO
OFICINA TIPOGRÁFICA DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO
Calle de San Andrés núm. 15 (Avenida Oriente 51.)

1902





Vista del Cerro del Mercado. Durango.

CRIADERO DE FIERRO DEL CERRO DE MERCADO, DE DURANGO, POR EL INGENIERO M. F. RANGEL.

La Sierra Madre Occidental atraviesa al Estado de Durango con una dirección casi de N. á S., teniendo una altura media de 2,500 á 3,000 metros sobre el nivel del mar. Los partidos de Tamazula, San Dimas y Durango, limítrofes con el Estado de Sinaloa, deben la fragosidad de su suelo á esta importante cordillera, que flexionándose un poco hacia el S.E., al entrar al partido del Mezquital, sirve de límite al Estado de Durango y al Territorio de Tepic.

Las sierras de Topia, Canelas, Amaculí y Copalquín; las de la Candela, Guanaceví, San Francisco y San Juan de Camarones, situadas más al Sur; las de Mapimí, Nazas y Cuencamé en los partidos limítrofes con Chihuahua y Coahuila, así como otras muchas en los partidos del Sur, corren con direcciones más ó menos inclinadas á la de la Sierra Madre ó le son paralelas, y hacen muy desigual y quebrado el territorio del Estado; tan pronto se aproximan unas cordilleras á otras formando pasos muy reducidos y escabrosos, verdaderas gargantas, como se alejan y encorvan para rodear extensos valles rellenados con aluviones diversos, cubiertos por tierra vegetal y fertilizados por las aguas que de las vertientes de las sierras circundantes escurren, ya sea en torrentes de curso efímero, ya en ríos de curso perenne aunque sujetos, en tiempo de lluvias, al régimen torrencial.

Toda la parte montañosa, que, como se ve, ocupa una parte muy importante del territorio del Estado, está cruzada por numerosas vetas metalíferas. Los yacimientos argentíferos de Guanaceví, Topia y Copalquín, la riqueza de los de San Andrés, Promontorio y Velardeña han empezado á ser conocidos y en la actualidad hay en ellos algunas explotaciones de importancia. Los criaderos auríferos del Oro han sido explotados en pequeña escala; los de cobre de Mapimí; los de mercurio en Otinapa han dado origen á la formación de poderosas compañías para hacer su explotación.

También se encuentran criaderos de estaño y de fierro y entre estos últi-

mos el Cerro de Mercado ocupa, por su riqueza, uno de los primeros lugares, no sólo en la República sino en el mundo entero, aunque desde el punto de vista de su producción figura en la actualidad entre los últimos de México.

El estudio de este yacimiento es el objeto del presente artículo, y antes de empezar su descripción daremos una ligera idea de su descubrimiento, para lo cual extractaremos la narración hecha por Fray Antonio de Tello en su "Crónica de la Santa Provincia de Xalisco."

Habiendo llegado á Guadalajara la noticia de que en la región que después se llamó el valle de Guadiana existían ricos criaderos de oro y plata, la Audiencia de Compostela pensó en su conquista y la encomendó al español Ginés Vázquez del Mercado, sobrino y yerno de Ginés Vázquez de Tapia, capitán que fué de la conquista de México. Era Ginés Vázquez del Mercado un acaudalado vecino de Guadalajara, propietario de varias casas en aquella población y de ricas minas en Tepic; su afición á las armas, su valor y arrojo eran muy conocidos en Guadalajara, lo que unido á su desahogada posición explica la elección hecha por la Audiencia de Compostela. Nombrado por ésta capitán general, habiendo reunido su gente y equipádola de su propio peculio, salió de Guadalajara al frente de 100 españoles, en 1552, para emprender la conquista y pacificación de la provincia de Xocotlán, según órdenes que de la Audiencia recibiera.

Al entrar á esta provincia tuvo algunos encuentros con los indios, en los que alcanzó fácilmente la victoria; continuó su marcha en busca de una rica mina que le aseguraba conocer un indio de Tepic que llevaba y el que lo condujo á las minas de Xocotlán; permaneció en ellas ocho días, durante los cuales se vió acometido y cercado por más de seis mil indios; pero habiendo logrado romper el cerco y derrotarlos, y poco satisfecho con el descubrimiento hecho, continuó su marcha por el río de Tenantitlán, aguas arriba; y preguntando por minas á los indios que encontraba, unos de hacia Valparaíso le dijeron que, tierra adentro, en unos grandes llanos había un cerro de oro y plata. Buscando ese cerro pasó Mercado por Chalchihuites, Sombrerete, San Martín y Avino, y aunque halló minas en todos estos puntos, no hizo caso de ellas.

Hacia fines de 1552 salió de Avino con su gente en busca del codiciado cerro, al que habiendo llegado, encontró que no era lo que él esperaba, sino un enorme yacimiento de fierro. Desengañado emprendió su viaje de regreso, no sin que antes los soldados irónicamente bautizaran el cerro encontrado con el nombre de Mercado, que conserva hasta la fecha.

En su regreso fué atacado por los indios en un lugar cercano á Sombrerete y aunque salió victorioso, tuvo varios muertos y heridos, contándose entre estos últimos el mismo Mercado. Herido y abandonado de los suyos se dirigió al Teutl, donde murió; su cuerpo fué llevado á Xuchipila y sepultado en el convento de San Francisco.

El cerro descubierto por Mercado está situado á unos 3 kilómetros al N.

de la ciudad de Durango, tiene una forma alargada de unos 1,500 metros de longitud, que se dirige de E. á W.; su extremidad occidental es muy ensanchada y parece formada por varios ramales; su extremo oriental es, por el contrario, angosto y forma una delgada cuchilla; la altura media es de unos 100 ó 110 metros, pero algunos picachos se elevan unos 30 ó 35 metros más.

La parte mineral se presenta en forma de un dique muy potente, ramificado en la parte occidental, que envía dos pequeños ramales hacia el Norte, é incluído en un macizo constituído por rhyolita. La erosión, obrando primeramente sobre la roca encajonante, ha producido su desagregación en blocks de diversos tamaños que se han depositado sobre los taludes del cerrro; la parte mineral así descubierta ha sufrido, á su vez, la acción lenta y continuada de los agentes de la dinámica externa y ha sido desagregada en fragmentos de volumen variable que han concluído por formar, depositándose en los taludes, un revestimiento de mineral que da al de Mercado la apariencia de una montaña constituída únicamente por mineral ferruginoso. Esta ilusión desaparece por el examen atento de la estructura de la montaña; en efecto: en la base se ven enormes bancos de rhyolita compacta; un poco más arriba aparece el depósito de fragmentos de rhyolita; más arriba aún, los fragmentos de rhyolita cubiertos en algunas de sus caras con mineral de fierro cristalizados en pequeños octaedros, están mezclados con los trozos de mineral, cuya proporción va en aumento con la altura hasta constituir exclusivamente el depósito, lo que sucede al pie de los acantilados que forma el crestón del dique. Solamente donde la pendiente del terreno es muy fuerte ó donde los crestones llegan hasta el nivel del valle es donde el mineral de fierro cubre los taludes de la montaña hasta su base.

Lo dicho hasta aquí no disminuye en modo alguno la importancia del yacimiento, pues á más de ser enorme la cantidad de fierro que puede suministrar el depósito formado sobre la montaña, las dimensiones aparentes de los crestones hacen suponer que se prolonguen en el sentido vertical hasta una gran profundidad, y que la parte mineral ahora oculta sea con mucho superior á lo que se tiene á la vista. No sólo es de esperar que la profundidad del yacimiento sea considerable, sino también su longitud, puesto que en la dirección de E. á W. aparecen, á grandes distancias, pequeños crestones del mismo mineral, como se observa al Oriente, ó bien venillas rellenadas por arcilla ferruginosa como sucede al Poniente, cerca del rancho de Morgan.

El mineral dominante, el que constituye casi exclusivamente la masa toda del yacimiento, es la hematita; se presenta en masas compactas granulares de enormes dimensiones, marcada por varias grietas de contracción que la dividen en porciones más pequeñas.

En las caras de separación de los diversos fragmentos de mineral se hallan grandes cristales octaédricos de martita y muchas veces cristales bien formados de apatita. La hematita especular se encuentra en venillas, ya

sea en el seno mismo de la hematita compacta ó, como sucede más generalmente, encajonadas en la rhyolita, como se ve en el Norte del cerro, en el punto llamado impropiamente Cueva de la marmaja y que no es sino un pequeño socavón. La hematita micácea se presenta en las mismas circunstancias que la especular, sólo que en proporción mucho menor.

La martita, como decíamos, está en grandes cristales octaédricos encajados en los grandes blocks de hematita y casi nunca se encuentran aislados, razón por lo que desechamos la opinión de que sean los resultados de la transformación de la magnetita en hematita; mejor pudiera considerarse este hecho como una nueva prueba del dimorfismo del óxido férrico.

La hematita arcillosa roja (ocre rojo) se encuentra en venas de anchura casi de un metro en la mesa central del cerro, en los flancos de la montaña y en los cerritos llamados del Almagre, situados á unos 500 metros al Sur del Cerro de Mercado. Nos explicamos su aparición por la circulación de aguas termales cargadas de óxidos de fierro á favor de grietas ó fracturas que presentaba la roca rhyolítica, que descompuesta por la acción de estas aguas, suministraba la arcilla que en la actualidad rellena las grietas, la que se cargaba de los óxidos de fierro que las aguas circulantes depositaban.

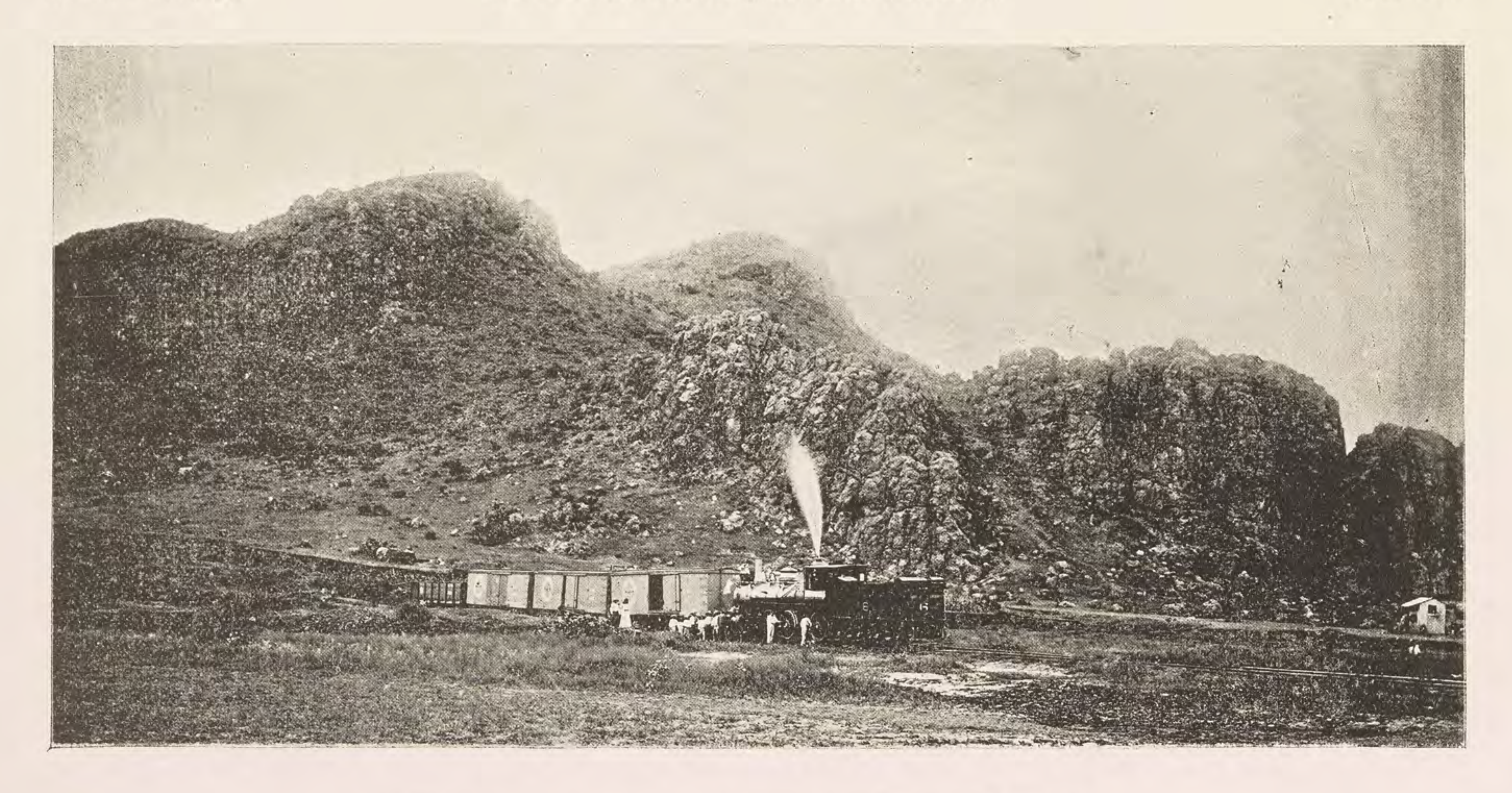
La magnetita propiamente dicha, es decir, la especie mineral pura, no se encuentra en ninguna parte del yacimiento, y si bien es cierto que algunos ejemplares, recogidos en la parte Norte del Cerro, presentan, aunque débilmente, las propiedades magnéticas, el color rojo de su polvo y raspadura sugieren la idea de que la magnetita en pequeña cantidad se halla mezclada íntimamente con la hematita.

Respecto á la presencia del fosfato de fierro en el Cerro de Mercado, diremos que se encuentra muy rara vez y en muy pequeña cantidad. En un pequeño fragmento de hematita compacta vimos un polvo amarillo verdoso que analizado cualitativamente resultó ser un fosfato de fierro; pero como no fué posible hacer un análisis completo que, á falta de caracteres mineralógicos bien definidos, nos indicara de qué especie de fosfato se trataba, sólo anotamos la presencia del fosfato de fierro, esperando, para determinar la especie, el tener á nuestra disposición mayor cantidad de materia sobre que operar. Por otra parte, nada tiene de raro que en un yacimiento de fierro en que abunda muchísimo la apatita, se presentase el fósforo combinado con el fierro.

Como acompañantes del mineral del Cerro de Mercado se presentan en cantidad notable el cuarzo y la apatita, cuya presencia acabamos de indicar en el párrafo anterior.

El cuarzo se encuentra al estado de calcedonia, formando una red de venillas de diversos espesores que cruzan en todos sentidos á la hematita, ó concentrado en grandes masas aisladas, ó bien cementando algunos fragmentos de hematita.

La apatita, ó mejor dicho la variedad "esparraguina," se presenta casi siempre cristalizada, ya sea sola ó en compañía del óxido de fierro; forma



Crestones de los filones de fierro del Cerro de Mercado.

también venillas y masas en que abundan cristales bien formados y de grandes dimensiones; en el punto llamado *Cueva de los biriles* se recogen los mejores ejemplares de esparraguina: son de un color amarillo de miel ó de amarillo verdoso, alargados en el sentido del eje senario hasta alcanzar 9 ó 10 centímetros de longitud; presenta una multitud de facetas prismáticas y se terminan en un extremo por una pirámide irregular de seis caras, de las que tres, pero generalmente dos, están muy desarrolladas y casi hacen desaparecer á las otras. En Durango confunden estos cristales de esparraguina con los de topacio, que se encuentran algunas veces, y á esto se debe el nombre impropio de biriles con que los designan.

En la base del picacho que se encuentra al Oriente se ven unas venillas angostas de anfíbola alterada.

Terminaremos la descripción de los materiales que se encuentran en el Cerro de Mercado, diciendo algo sobre la variedad de Topacio, llamada Pricnita, cuya presencia acabamos de señalar, haciendo también la observación de que es poco abundante. Está cristalizado en prismas pequeños de simetría rómbica, presentan varias caras prismáticas y en uno de sus extremos una combinación de pirámides y domas; en el otro extremo se terminan por la base. Los colores más frecuentes de los cristales son el blanco hialino, el rosa ó el amarillo pálido.

A continuación ponemos algunos análisis hechos sobre muestras del Cerro de Mercado que dan idea de la pureza del mineral, así como del alto rendimiento en fierro que puede tenerse.

Los que hicimos en el laboratorio del Instituto, uno de una muestra de hematita muy pura y el otro de una ordinaria, nos dieron los resultados siguientes:

	1ª muestra	2ª muestra.	
Peróxido de fierro......	91.50	69.00	por ciento.
Siliza......................	2.50	22.80	,,
Alúmina..................	0.60	1.60	,,
Humedad................	3.00	2.50	,,
	97.60	96.90	

En el residuo se reconoció la presencia de la cal y del fósforo, pero no se hizo la determinación cuantitativa de estas substancias. La alúmina y el fierro se cuantearon juntamente y en seguida se separó y pesó el fierro, determinando la alúmina por diferencia.

Mr. M. H. Boye, de Filadelfia, da como resultados de sus análisis de cinco muestras de diversos lugares del Cerro Mercado, lo siguiente:

	1ª m.	2ª m.	3ª m.	4ª m.	5ª m.
Oxido de fierro	96,3	93,8	98,2	71,0	67,1
Siliza	2,6	3,4	0,6	28,1	26,5
Alúmina	0,1	1,2	0,5	0,2	0,5
Carbonato de cal	0,3	—	—	—	0,5
Agua	0,7	1,6	0,7	0,7	6,4
Suma	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Rendimiento en fierro	66,77	65,3	68,8	49,23	50,55

Los análisis más completos que conocemos son los hechos por Mr. A. S. Mac Crelh, de Pennsylvania, quien operó sobre 27 muestras diferentes y cuyos resultados medios son:

Oxido magnético de fierro	2.071	por ciento.
,, férrico	77.571	,,
,, mangánico	0.113	,,
Acido titánico	0.710	,,
Cal	5.050	,,
Magnesia	0.364	,,
	85.879	
Acido sulfúrico	0.212	,,
,, fosfórico	3.041	,,
Pérdida por ignición, agua, etc	1.984	,,
Siliza	7.760	,,
Alúmina, etc., sin determinar	1.124	,,
Suma	100.000	

ó en otra forma que indica el rendimiento:

Fierro metálico	55.800	por ciento.
Manganeso	0.079	,,
Fósforo	1.328	,,
Azufre	0.085	,,
Fósforo en 100 partes de fierro	2.379	,,

Si bien es cierto que el fósforo se presenta en abundancia y que, como vimos, la apatita, que es un fosfato, es muy frecuente en el Cerro de Mercado, esto no tiene ningún inconveniente, pues los adelantos de la metalurgia, al descubrir el procedimiento de desfosforización, han hecho que en la actualidad se busquen para la fabricación del fierro yacimientos abundantes y de una extracción económica, de preferencia á los muy puros, que se

reservan para la fabricación del acero; además de esto, la proporción de fósforo no es tan grande y es de esperarse que del Cerro de Mercado se pueda extraer fierro y producir acero de excelente calidad. Creo conveniente insertar aquí la autorizada opinión del distinguido químico Mr. Crelh sobre la influencia de las impurezas en la calidad del fierro que del mineral del Cerro de Mercado se extraiga, así como los análisis hechos por él de los productos obtenidos en la ferrería de Flores en el año de 1881, datos que, como los análisis arriba expresados, los tomamos del informe de Mr. John Birkinbine, publicado en el Tomo X del *Minero Mexicano*, números 45 y 46; dice así:

"Las muestras de fierro lingote y de barras dan respectivamente el siguiente resultado:

	Lingote.	Barra.
Silicio	0.771	0.105
Fósforo	0.428	0.193

"El fierro lingote contiene menos proporción de fósforo que la generalidad de nuestros fierros de fábrica ó de forja. Aunque el tanto por ciento de fósforo en el de barra es considerable, sin embargo, de ninguna manera es excesivo.

"Los análisis que he hecho de fierros normales forjados, ingleses y americanos, dan el resultado siguiente:

Fósforo: Nº 1 .... 0.248. Nº 2............. 0.197.

"Número 1.—Fierro "Ridsdale" de Sir William G. Armstrong, barra retorcida para cañón de rifle; el mejor fierro, cuatro veces amartillado.

"Número 2.—Fierro "Ulster," barra retorcida para cañón de rifle; el mejor fierro extra, cuatro veces amartillado.

"La pequeña cantidad de ácido titánico que da el análisis no será bastante para afectar materialmente el trabajo del metal en el alto horno.

"El fósforo que contiene el lingote parece ser la proporción de lo que darían las muestras del mineral. Las piedras de fierro contienen 0.288 por ciento de fósforo, ó sea 0.458 en cien partes de fierro. Aceptando que el lingote contenga 95 por ciento del fierro metálico contenido en el mineral, el mismo contendría 0.435 por ciento de fósforo, cantidad que se aproxima mucho á la proporción hallada en la muestra que se analizó, esto es, 0.428 por ciento."

Se ve por lo expuesto hasta aquí, que aun sin hacer ninguna tentativa durante el tratamiento metalúrgico del mineral para eliminar el fósforo, la pureza del producto industrial iguala á los mejores fierros ingleses y americanos; pero si llegara el caso de tener que usar los minerales más impuros, ya dijimos que la metalurgia prefiere en la actualidad los yacimientos abundantes y que permiten una extracción fácil y económica, á los de una pureza extrema pero de más costosa explotación.

La presencia del azufre en cantidad tan pequeña nos autoriza para desechar la idea de atribuir el origen del mineral de Mercado á la transformación en óxido de fierro de una masa enorme de pirita; esta hipótesis, que podrá tener aplicación en algunos yacimientos, es enteramente falsa en nuestro caso, pues ni en el centro de los fragmentos macizos y compactos de mineral se encuentra un solo átomo de pirita que haya escapado á la transformación, ni se ha encontrado hasta hoy algún ejemplar que recuerde alguna de las variadas formas que afecta la pirita de fierro y que suelen encontrarse en los ejemplares de pirita epigenisada. Creemos, pues, que puede decirse que la presencia del azufre es sólo accidental, ó cuando mucho, que tiene una importancia secundaria.

En el valle de Durango, debajo de la capa superficial más ó menos gruesa de tierra vegetal, se presenta otra de arcilla que cubre á una de arena y guijarro sobrepuesta á otra capa arcillosa; la capa porosa encerrada entre las dos de arcilla impermeable es la de la capa freática del valle; con el objeto de cortar esta capa para obtener el agua en los pozos comunes, se hacen excavaciones que la alcanzan á profundidades variables, pero que no atravesando más capas que las citadas, no suministran más datos que la existencia en el aluvión de fragmentos rodados del Cerro de Mercado. Falta, pues, el conocimiento del subsuelo del valle de Durango; buscaremos en la naturaleza, en las relaciones mutuas de las rocas que circundan al valle, los datos que nos puedan conducir á la determinación de la edad geológica del yacimiento de que nos ocupamos.

La serie de colinas y lomeríos que rodea á la ciudad de Durango está formada exclusivamente por rhyolitas. El color dominante de esta roca es el blanco agrisado, que pasa al rosa y violado pálido, y en algunos lugares al rojo ó violado obscuro.

La rhyolita más cercana al Cerro de Mercado es la que presenta el color rosa; en el cerrito del Santuario, situado casi al W. de aquél y muy inmediato, se observa el violado pálido en casi todo el cerro; pero cerca de la presa de Morgan aumenta de intensidad y es de un color violado obscuro. Por el contrario, en el Cerro del Calvario, situado en el centro de un barrio de la ciudad de Durango, el color dominante es el blanco más ó menos agrisado, color que es muy frecuente en el Cerro de los Remedios, situado al S.W. de la ciudad de Durango y del cual el Cerro del Calvario es un apéndice. Hacia la parte del S.W. del Cerro de los Remedios y en los contrafuertes que en esa dirección se desprenden y que llegan hasta la garita de Analco, vuelve á presentarse el color rojo más ó menos intenso, y además, en este lugar la roca presenta una estructura muy curiosa, cuyo estudio, hecho por el Sr. Ordóñez, se encontrará más adelante.

En ciertos lugares, como en el Cerro del Calvario, se encuentra en abundancia el kaolín (kaolinita) en grandes bolsas; es bastante puro y de muy buena calidad y se usa para la fabricación de objetos de alfarería tosca. Como en este lugar hay muchas construcciones, es difícil á primera vista formarse idea de la importancia del yacimiento.

La rhyolita se halla cubierta por una capa de toba blanca agrisada ó rojiza, compacta y resistente, de fácil labra y que se usa mucho en Durango como material de construcción.

El estudio de las rocas recogidas en las cercanías de Durango fué hecho por el Sr. Ingeniero Ezequiel Ordóñez y lo reproducimos á continuación:

"Una interesante variedad de rhyolitas se encuentra en las cercanías de la ciudad de Durango, en el Cerro de Mercado y en los contrafuertes y dependencias de esta montaña, en íntima relación en edad y naturaleza con las montañas del Sistema de la Sierra Madre, de la que el Cerro de Mercado pudiera considerarse como un elemento avanzado en la Mesa Central.

"En las rhyolitas de Durango, el color dominante es el blanco agrisado, que cambia á veces en gradación al rojo ó violado. Estas rocas yacen bajo la forma de corrientes cubiertas por capas de tobas de diverso espesor, de color gris ó rojo, en las que obra con cierta intensidad la erosión.

"La naturaleza petrográfica de las rhyolitas se distingue aun á la simple vista, en unos casos por la abundancia del cuarzo en la forma de gruesos granos profusamente diseminados, y en otras por el aspecto general de la pasta de la roca, que es dura, compacta, de fractura frecuentemente conchoide que caracteriza á los magmas petrosilizosos de estas rocas. En efecto, para todo un grupo de rhyolitas del Cerro de Mercado, el magma felsítico en más ó menos avanzada desvitrificación se observa dando lugar á una acción más ó menos intensa de la luz polarizada; pero raras veces encontramos agregaciones esferolíticas, lo que hace en algunos casos, juntamente con la ausencia de fenocristales, que la roca tenga á la simple vista la apariencia de un simple petrosílex ó felsita. En otros casos, por el contrario, numerosos cristales feldespáticos que alcanzan hasta un centímetro de longitud y granos de cuarzo hacen la roca porfiroide.

"Numerosas puntuaciones opacas de óxido de fierro en el magma dan en muchos casos á la roca la coloración rojiza; igualmente pajillas finas de mica en más ó menos avanzada descomposición.

"En el magma se encuentran frecuentemente abundantes segregaciones circulares ó elípticas de grupos de láminas de tridymita que tapizan las pequeñas cavidades, y muestran que su producción data de los últimos momentos de la consolidación.

"La presencia del mineral de fierro bajo la forma de una gruesa masa filoniana llenando una fractura que atraviesa el Cerro Mercado, de edad más reciente que las rhyolitas que la encajonan, á juzgar por las ideas del autor, ha producido en las rocas, sobre todo en aquellas más vecinas del criadero, ciertas modificaciones que se manifiestan generalmente por una silicificación y por manchas y vetillas de cuarzo, la descomposición de los feldespatos y la existencia de la hematita roja aislada en el magma en granos y vetillas como por un fenómeno de impregnación. Accidentalmente en estas rhyolitas el cuarzo hialino finamente cristalizado aparece como una exuda-

ción, dando al mismo tiempo calcedonia arriñonada que cubre el espacio de pequeñas cavidades; el magma se vuelve en partes terroso y cambia del color rojo obscuro al blanco amarillento y verdoso.

"En cuanto á los feldespatos de primera consolidación en las rhyolitas del Cerro de Mercado, el sanidino se observa frecuentemente, más ó menos alterado y transformado en partes en una materia opaca; la plagioclasa, generalmente la oligoclasa, está menos alterada por regla general, aunque siempre corroída, ofreciendo cristales incompletos. El cuarzo se encuentra en grandes playas irregulares.

"En el Cerro de los Remedios las rocas se caracterizan por la rareza de elementos de primera consolidación, sólo algunos pequeños granos de cuarzo se ven diseminados en una pasta compacta. En vez de ofrecer la estructura en bandas alternativas de diversa coloración, la masa más obscura se distribuye irregularmente como sirviendo de cemento á glóbulos de una pasta de color más claro. En las láminas delgadas, en efecto, se observa que hay una tendencia al desarrollo esferolítico sin que las esferolitas lleguen á adquirir una completa individualidad; por otra parte, en el centro de algunas de las partes menos cargadas de granulaciones se ve un tapiz de granos de cuarzo.

"En algunas rocas de la misma procedencia y de un aspecto semejante, el magma petrosilizoso contiene raras esferolitas y sobrenadan algunos cristales microlíticos de oligoclasa como si la roca tendiera á una dacita. Estas rocas en partes se hacen porosas y las pequeñas cavidades se tapizan de finos granos de cuarzo, de láminas de tridymita y de una que otra laminita de hematita.

"En el cerrito del Calvario en la ciudad de Durango, las rhyolitas en su mayor parte están muy silicificadas y para completar la lista de variedades de las rocas del grupo de cerros inmediatos á la ciudad de Durango, citaremos las rhyolitas vítreas del Cerro de la Mojonera, compactas, de color pardo obscuro, de magma con principio de desvitrificación; las rocas rosadas con finas laminillas de mica del Rancho de la Virgen, y las rhyolitas muy porfiroides con grandes cristales corroídos de cuarzo, sanidino y oligoclasa del Santuario. En el subsuelo de la ciudad y en las lomas inmediatas al Cerro Mercado existen grandes masas de rhyolitas, cuyas superficies están erizadas de grandes glóbulos que imitan la estructura arriñonada y en las que el microscopio revela la formación esferolítica del magma.

"Las rhyolitas del barrio de Analco merecen una mención especial por la gran variedad que de ellas se encuentra, pudiendo obtener muestras de rocas muy vítreas, de magma violado (litoiditas), otras silicificadas, de color rojo, y por último, rocas muy esferolíticas, con estructura en delgadas bandas de felsita compacta separadas por cintas delgadas de una materia terrosa blanca.

"De los Remedios y de la garita de Analco se obtienen magníficos ejemplares de rhyolitas con litofisas muy semejantes en aspecto y color á las

rhyolitas procedentes del Yellowstone National Park, que han sido extensamente descritas por Iddings. [1]

"Las más grandes litofisas que se observan en las rocas de los Remedios alcanzan hasta 4 ó 5 centímetros de diámetro y forman como la parte esponjosa de una pasta ligeramente violada, compacta, de aspecto microscópico enteramente análogo á las rocas felsíticas del Cerro Mercado, que no tienen cristales de primera consolidación y que por lo tanto, pueden recibir el nombre de litoiditas, aplicado con frecuencia á esta variedad de rhyolitas.

"Entre las granulaciones opacas de este magma felsítico se ven agrupados y mostrando la estructura fluídea, pequeñas barritas y triquitas también opacas y al parecer de la misma naturaleza que las granulaciones.

"En las muy delicadas capitas concéntricas esféricas que constituyen las litofisas hemos podido distinguir el cuarzo en muy finos cristales bipiramidados, agrupados ya en forma radial normal á la superficie de la capita delgada que los lleva, ó bien distribuídos irregularmente; la tridymita frecuentemente se encuentra en laminitas muy finas, difíciles á veces de ver aun con el auxilio de una lente.

"El cuarzo bipiramidado es siempre más abundante que la tridymita y contiene numerosas inclusiones líquidas, á veces con burbujas gaseosas.

"El núcleo de esta serie de capitas sucesivas y muy próximas de las litofisas, que nosotros consideramos como los esqueletos de grandes esferolitas, está frecuentemente formado por magníficas rosetas de muy finos cristales de cuarzo hialino agrupados radialmente.

"En la superficie blanca y finamente irisada de las capitas se ven en gran número diminutas laminitas exagonales de hematita que se reconocen fácilmente por su intenso brillo acerado y por el color rojo intenso por transparencia. Existen también al lado de la tridymita y del cuarzo pequeños cristales de feldespato, difícilmente reconocibles por su pequeñez, pero semejantes á los que se encuentran en las litofisas de Obsidian Cliff. No hemos podido comprobar en las muestras la existencia de la fayalita.

"Es de notar que la tridymita, sin embargo de presentarse con cierta abundancia en las litofisas, no se encuentran, como lo hemos observado en algunas otras rhyolitas de Durango, en agregaciones ó nidos en la masa del magma petrosilizoso. Por lo tanto, la tridymita en las rocas con litofisas de los Remedios y de Analco, sólo se ha producido en el seno de las litofisas.

"Entre las rocas con grandes esferolitas agrupadas y que dan á la roca exteriormente el aspecto arriñonado y las rhyolitas con litofisas hay, á nuestro modo de ver, una absoluta igualdad y el mismo modo de formación, solamente que las rocas de grandes esferolitas compactas no han estado sometidas ya al fin de la consolidación, á la acción de vapores acuosos que han disuelto y substraído en parte los silicatos de composición del fel-

1. Iddings. Obsidian Cliff. 7th. Rep. of the U. S. G. S. Wash., 1885-86.

despato que han cristalizado simultáneamente con el cuarzo en las esferolitas, dejando en esta disolución el esqueleto cuarzoso y produciendo tridymita y hematita en la curiosa disposición que caracteriza á las litofisas.[1]

1. Un estudio más completo de algunas de estas rhyolitas se encontrará en el Boletín número 15. —Las Rhyolitas de México.

CRIADEROS DE FIERRO DE LA HACIENDA DE VAQUERIAS, EN EL ESTADO DE HIDALGO,

POR EL INGENIERO JUAN DE D. VILLARELLO Y DR. EMILIO BOSE.

DESCRIPCION TOPOGRAFICA.

La región de que se trata en las páginas siguientes está entre la Sierra de Pachuca y la Sierra Madre Oriental, comprendida en los Distritos de Atotonilco el Grande y Tulancingo, del Estado de Hidalgo. Forma una depresión amplia de fondo plano y se denomina Valle de Tulancingo. El fondo ancho y casi completamente plano de este valle está cortado por una profunda barranca llamada San Pablo, que en muchas partes tiene una profundidad de más de 700 metros. A esta cortadura principal desemboca, hacia el Este de la región, otra barranca mucho menos profunda, pero también de bordes acantilados, que se llama Barranca de las Granadas. Las otras barrancas que se encuentran en la región son de mucha menor importancia, tanto por su anchura como por su poca profundidad. Entre las anteriores cortaduras se encuentra el terreno casi plano y poco ondulado.

En la barranca de las Granadas y en el borde septentrional de la llamada de San Pablo se hallan los criaderos de fierro cuya descripción se encuentra en seguida. Todos estos criaderos están abajo del primer acantilado, que se encuentra con mucha regularidad en toda la extensión de la barranca cerca del borde. Algunos otros criaderos se hallan en las barrancas afluentes de la de San Pablo.

En el adjunto plano, que comprende solamente una parte del terreno estudiado, se dibujó sólo el borde de las barrancas con exactitud, porque la configuración en detalle aún no está concluída.

DESCRIPCION GEOLOGICA.

La composición geológica del terreno es en lo general bastante sencilla;

hay que distinguir entre sedimentos marinos y aluviones terrestres, fluviales y lacustres, y rocas eruptivas. Las rocas sedimentarias marinas pertenecen al Cretáceo, el resto al Terciario, Cuaternario y al Periodo Reciente.

Cretáceo.

El macizo primitivo está formado por el Cretáceo, que aflora en muchas partes del fondo de la barranca de San Pablo; podemos distinguir en él dos divisiones, á saber: la división de Necoxtla y la división de Maltrata. Vamos á describir su carácter general en lo que sigue.

División de Necoxtla.—Esta forma en la región de la cual se trata, la parte más antigua del Cretáceo. La división consiste de pizarras amarillas, rojas hasta grises, muy blandas, arcillosas y que contienen frecuentemente hojitas de mica, así como también pedacitos de pyrita; particularmente en su parte superior se intercalan muchas veces delgados lechos de caliza gris; algunas veces se halla también en la parte más elevada de las pizarras un banco, y á veces dos ó tres, de caliza, de un espesor de algunos metros; esta caliza contiene generalmente riñones de pedernal. En la barranca de San Pablo el carácter petrográfico es algo diferente del de la misma división en la barranca de la Calera, cerca de Huayacocotla. [1] Mientras que en esta última localidad las pizarras son más calcáreas y contienen también en varios lugares bancos fosilíferos de caliza, tenemos en la barranca de San Pablo enteramente la facies, que nos es bien conocida de la montaña de Orizaba [2] y tal como se halla también en muchos otros lugares del México meridional. En esta facies nunca se han encontrado fósiles hasta ahora, pero á veces hay una transición de ésta á otra un poco más calcárea ó arenosa, en la cual se encuentran entonces faunas más ó menos ricas; éstas pertenecen al periodo Aptiano y al Cenomaniano inferior, según los estudios hechos hasta ahora.

El espesor de las pizarras de Necoxtla no se puede determinar en la barranca de San Pablo, porque están fuertemente plegadas; los pliegues se dejan observar en numerosos puntos, particularmente bien en las barrancas secundarias que desembocan á la barranca principal; un bonito ejemplo para esto ofrece el arroyo de las Flores, cerca del camino de la Hacienda de Vaquerías á Atotonilco el Grande. El rumbo de las capas es aquí N. 25° W. con el echado dominante hacia el S.W.

División de Maltrata.—Esta división sigue directamente sobre la de Necoxtla. Se compone de calizas de color gris claro hasta negro, en bancos delgados que contienen siempre lentes de pedernal extendidos á lo largo casi en forma de bancos, como también nódulos de la misma materia. Es-

1. E. Böse.—Ueber Lias in Mexico. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1898, p. 171.

2. E. Böse.—Geología de los alrededores de Orizaba. Bol. del Inst. Geol. de México. Número 13, p. 5.



L. G. BECERRIL, DIBUJÓ.

[illegible] S. C. ANT. LIT. MOREAU-MEXICO

tas calizas son sumamente pobres en fósiles; en la barranca de San Pablo no se ha encontrado ninguno hasta la actualidad. Pero como estas calizas se unen íntimamente á las calizas de Escamela sobrepuestas, y como probablemente hay que considerarlas como facies de la parte inferior de la división de Escamela, casi es seguro que pertenezcan al Cenomaniano. Es verdad que en nuestro caso la determinación puede hacerse solamente según la semejanza petrográfica; pero en la vecina barranca de la Calera, cerca de Huayacocotla, tenemos la prueba de que estas calizas de Maltrata pertenecen ya á las capas superiores del Cretáceo Mexicano (que comprende en el Sur del país, generalmente hacia arriba, el Cenomaniano y cuando mucho el Turoniano, faltando completamente el Senoniano), porque debajo de ellas se hallan capas con Monopleura y Nerinea.

Tampoco de estas calizas se puede determinar el espesor, pues en primer lugar están fuertemente plegadas y en segundo, falta el techo, es decir, las calizas de Escamela. El modo de plegamiento está representado en el corte 4 que viene en una de las páginas siguientes. Las calizas están muy bien descubiertas cerca del Rancho de San Pablo, un poco barranca arriba. Por desgracia no es posible reconocer allí cuáles capas cubren á aquellas directamente, porque en la parte inferior de la barranca los flancos están casi completamente cubiertos por una capa bastante gruesa, compuesta de brechas volcánicas trituradas y acarreo.

Terciario.

Considerando las relaciones particulares de la región, no podemos separar en sentido tectónico las rocas eruptivas de las sedimentarias, porque en verdad las rocas eruptivas hacen aquí el papel de una capa; además, están separadas las corrientes de lava por brechas que contienen fósiles, de modo que son de la mayor importancia para la determinación de la edad de las rocas modernas. Pero como se trata en este lugar de la descripción de las rocas que componen el terreno, queremos separar siempre las rocas macizas eruptivas de las brechas trituradas y aluviones, juntando la descripción de las últimas á la de las rocas sedimentarias del Cretáceo.

Brechas volcánicas antiguas y aluviones.—Como tales consideramos los depósitos que cubren el Cretáceo y que en parte consisten en calizas y pizarras trituradas, en parte en brechas volcánicas removidas por el agua. Por desgracia no hay en ninguna parte afloramiento bien descubierto, pero parece que todos los componentes ya mencionados demuestran una estratificación casi horizontal, con ligera inclinación correspondiente al curso de la actual barranca de San Pablo. Lo más instructivo es en este caso aquella parte de la barranca que queda entre la de Regla y el arroyo de las Flores, donde se deja reconocer una inclinación decidida en el terreno, en el tiempo terciario, á la cual siguen todas las capas, incluídas también las corrientes de Labradorita y Basalto. En esta rinconada observamos

también (en afloramientos bien descubiertos en el camino de la Hacienda de Vaquerías á Atotonilco el Grande) que la corriente de Labradorita se divide en seis corrientes de menor espesor que están separadas por brechas. Interesante es aquí que las brechas inferiores, á saber, las que están situadas entre la corriente más baja y la segunda de las seis, son con toda seguridad en su mayor parte de origen rhyolítico y, por supuesto, nada tienen que ver con la Labradorita; la brecha contiene un número considerable de pedazos de Rhyolita, piedra pómez, etc., y está impregnada considerablemente de ópalo común. Proviene, pues, de una erupción local más antigua de Rhyolita, cuya presencia es importante también en otro sentido, por lo cual volveremos á hablar del asunto más adelante.

La parte inferior de las brechas y de las rocas sedimentarias trituradas tendrá más ó menos un espesor de 100 á 150 metros; naturalmente, este espesor cambia según la configuración primitiva del terreno Cretáceo durante el transcurso del Terciario. No se han encontrado fósiles en estos depósitos hasta ahora; la capa de lignita que se encuentra en el arroyo de las Flores es con toda seguridad de edad más moderna, como lo demostraremos más adelante.

Las cubiertas de brechas que están situadas entre las seis corrientes de Labradorita son de poca importancia, como lo prueba la circunstancia de que no se dejan seguir más que parcialmente en la parte superior de la barranca.

Brechas más modernas.—Este depósito queda entre las corrientes de Labradorita y la de Basalto y es de la mayor importancia para el presente estudio, porque contiene los criaderos de fierro. El depósito consiste en brechas y contiene pedazos de pómez, como también Labradorita triturada y probablemente también Rhyolita. La parte superior de las brechas está enteramente transformada en semiópalo, la parte que sigue para abajo está fuertemente impregnada de fierro y ácido silícico, y más abajo se encuentran las brechas más puras. El depósito de los minerales citados se ha hecho mecánicamente, porque se vé bajo el microscopio que los cristales de feldespato están intactos y en ninguna parte descompuestos. En varios lugares se observa claramente que el agua circuló en estas brechas y que precipitó los depósitos de ácido silícico y fierro. Como estas aguas eran tan ricas en sílice, habrán pasado probablemente por las Rhyolitas que tenemos que describir adelante; eran manantiales termales cargados de diferentes minerales y de origen volcánico.

La brecha más moderna no se presenta como capa uniforme, ni en los cortes como una faja, sino cambia considerablemente en su espesor, como también en su contenido de ácido silícico y fierro. En los cortes del terreno, en las barrancas, se nos manifiesta la naturaleza del depósito, que tiene la forma de lentes que están unidos por fajas delgadas. Se observa esto perfectamente bien en la barranca de San Pablo, en todos los lugares donde se explota ó se explotaba el fierro; afloramientos particularmente buenos existen en la región de San Sebastián, allí donde se encuentran las boca-

minas de Nuestra Señora de la Luz. Muy instructiva es también la mina de la Reunión en el arroyo del mismo nombre. Allí se observa cómo las brechas cambian en cuanto á su espesor en distancias muy cortas, y cómo el mineral de fierro desaparece completamente en algunos lugares y queda solamente un banco que es á veces bastante delgado, de brecha silicificada. Muy instructiva es también la mina de Terreros, aunque en esta localidad los afloramientos no sean muy favorables. Observamos allí un depósito particularmente grueso de las brechas, pero no es posible determinar el espesor porque en ninguna parte está descubierta la labradorita. El basalto parece faltar, por lo menos no se puede observar, sino que sobre las brechas quedan directamente aluviones recientes. La falda está cubierta por un grueso depósito de brechas trituradas y conglomerados recientes, cuyos componentes principales son brechas, piedra pómez, pedazos de basalto y mineral de fierro. El espesor del depósito de fierro será, con toda seguridad, de unos 20 metros, mientras que generalmente en las otras lentes no es más de 0,5 á 1 m. En este bolsón se ve claramente el efecto producido por la circulación del agua; la brecha está silicificada y contiene en muchos lugares un mineral de fierro bastante rico.

Imaginémonos ahora que la cubierta de basalto sea quitada; entonces hay que suponer que una cubierta muy extendida de brecha volcánica se presentará á nuestros ojos; ésta rellenaba las irregularidades de la corriente de labradorita y formó colinas en varios lugares. La cubierta tenía una inclinación general en el sentido de la barranca actual de San Pablo, y además una inclinación fuerte hacia la parte media, formando así un valle que siguió más ó menos el curso actual de la barranca principal. Este punto lo trataremos más extensamente en el capítulo de la historia geológica de la región. Aquel paisaje de colinas en el cual salieron al exterior numerosos manantiales termales, cargados de ácido silícico y fierro, fué cubierto más tarde por una corriente extendida de basalto.

En la brecha ferruginosa se encontraron (en la mina Transvaal) restos no muy numerosos de vertebrados. Por desgracia, estos fósiles fueron transportados por el agua y en parte rotos y corroídos, de modo que solamente pedazos de huesos, muelas y colmillos poseemos, lo que dificulta mucho su determinación. Todos estos fósiles están fuertemente impregnados de fierro y en parte cubiertos por una costra del mismo metal. Los huesos son completamente indeterminables. Entre las muelas se encuentran molares de *Mastodon* y *Equus;* los colmillos pertenecen al primer género. Los molares del mastodonte pertenecen muy probablemente al *Mastodon Shepardi Leidy.* Como se han encontrado solamente pedazos aislados de los molares del *Mastodon*, no se pueden determinar, porque el *M. Shepardi* se distingue del *M. Humboldti* y el *M. Andium*, principalmente por el encorvamiento de la sínfisis. Del *Mastodon trópicus Cope* se distingue nuestra especie por el menor tamaño y por el número de las colinas del último molar. Nuestros ejemplares están algo desgastados por el uso y por esto la mitad exterior

de la colina demuestra una figura de trébol, mientras la interior presenta una forma oval en la superficie. Esta es la característica del grupo *M. Shepardi*, al cual pertenecen también *M. Humboldti* y *M. Andium*. Felix y Lenk [1] dicen que el *M. trópicus* muestra la figura de trébol en las dos mitades de las colinas, mientras Zittel [2] parece considerar el *M. trópicus* como idéntico con *M. Humboldti*. En verdad, es muy difícil distinguir las diferentes especies del grupo citado cuando no hay quijadas enteras. Después de una comparación con el material existente en el Instituto Geológico, resultó como lo más probable que los molares ya algo desgastados por la masticación correspondan mejor con los de *M. Shepardi Leidy*, tanto por su tamaño como por su forma, y con toda seguridad, por lo menos pertenecen á este grupo de los mastodontes.

La determinación del molar de caballo es todavía más difícil, porque pertenece á la quijada inferior, cuya forma es casi igual en las especies que hay que tomar en consideración, pero probablemente pertenece el ejemplar al *Equus excelsus Leidy*, tanto por la forma de los pliegues del esmalte en la corona, como por su tamaño.

Tanto el grupo de *Mastodon Shepardi Leidy* como el *Equus excelsus Leidy* pertenecen al Plioceno Superior y al Pleistoceno Inferior, y cualquiera que sea la especie exacta, la determinación de la capa queda fijada. Esta determinación de la edad tiene gran importancia para la fijación del tiempo en el cual hicieron erupción las labradoritas, los basaltos y quizás las rhyolitas.

Las rocas eruptivas.

Tenemos que distinguir entre tres diferentes rocas eruptivas, á saber: las rhyolitas, las labradoritas y los basaltos, de las cuales las primeras son las más antiguas. Mientras los últimos demuestran una extensión considerable, el afloramiento de las rhyolitas se limita, hasta donde llegan nuestras observaciones, á una pequeña colina llamada el Cerrito de Vaquerías, que se levanta en la llanura cerca de la Hacienda de Vaquerías. A continuación pasamos á describir la distribución y el carácter de las rocas.

La Rhyolita.

La pequeña colina llamada el Cerrito de Vaquerías, que se levanta de la llanura cerca de la Hacienda de Vaquerías, consiste completamente de rhyolita, que tiene la forma de cúpula. Está circundada ó rodeada por los aluviones modernos y cuaternarios, las corrientes de basalto y labradorita, las brechas del Plioceno Superior y las brechas trituradas y aluviones que descansan directamente sobre el Cretáceo. No se puede obtener un corte á tra-

1. Felix und Lenk.—Beitraege z. Geol. u. Pal. d. Rep. Mexico. III, p. 133.
2. Zittel. Traité de Paléontologie. IV, p. 466.

vés de la Rhyolita, porque sólo la parte más alta está descubierta. La rhyolita es la roca eruptiva más antigua de la región, porque las brechas más bajas, que están entre las dos corrientes más bajas, contienen pedazos de esta roca. Como la labradorita ya es del Plioceno Superior, es claro que la rhyolita debe haber hecho su salida ó en el Plioceno Inferior ó en el Mioceno Superior.

La Labradorita y el Basalto.

La labradorita, como también el basalto, se dejan seguir por toda la barranca de San Pablo y del mismo modo se puede reconocer su presencia en las numerosas barrancas afluentes. La labradorita se puede seguir naturalmente sólo hasta allí, donde hay todavía cortaduras profundas en la llanura del valle de Tulancingo. Pero la corriente de basalto está visible en muchas partes de la superficie del valle mencionado, su punto de salida eran los cráteres en la montaña inmediata á la estación de las Lajas del ferrocarril Hidalgo, y recorre desde allí todo el valle de Tulancingo.

Como ya lo hemos mencionado, demuestran los cortes en el camino de la Hacienda de Vaquerías á Atotonilco el Grande, que la labradorita, aparentemente tan compacta en su parte superior, se compone de seis diferentes corrientes de un espesor poco considerable; por consiguiente, hay que suponer que la corriente poderosa se formó por una serie de erupciones que siguieron una á la otra. Estas corrientes probablemente se enfriaron más pronto en su extremo que en su origen; se formaron brechas sobre las partes más lejanas y más bajas, mientras que tales brechas, más cerca del punto de salida, ó faltan completamente ó son de un espesor mínimo. Siempre hay también que tener en cuenta que los afloramientos en las partes accesibles de la barranca en lo general no son buenos; cortes verdaderamente continuos existen solamente en las barrancas secundarias, cuyos acantilados no son accesibles. Es, pues, muy posible que también en la parte superior de la barranca las diferentes corrientes de labradorita estén separadas por brechas, pero hasta ahora no podemos dar la prueba de esto.

La labradorita se muestra generalmente en lajas ó como masa maciza, casi nunca en columnas.

La corriente de basalto es aparentemente uniforme en todas sus partes; tiene en lo general un poco más de 100 metros de espesor. La dirección de esta corriente es la misma que la de labradorita, es decir, en lo general, siguiendo el descenso de la barranca de San Pablo. La corriente cubre casi en todas partes las brechas del Plioceno Superior, descritas anteriormente, de modo que forma el techo de los criaderos de fierro.

Sólo en una de las localidades estudiadas por nosotros, á saber, en la mina de Terreros, encontramos una excepción: allí falta el basalto. El criadero obtuvo aquí un espesor mayor y formó probablemente una colina que

era más alta que la masa de la corriente de basalto y por esto no fué cubierta por la roca eruptiva.

El basalto se muestra generalmente macizo ó en columnas, menos frecuentemente se encuentran lajas. Hay columnas muy bonitas cerca de la Loma ancha, en la mina de Nuestra Señora de la Luz, y columnas muy graciosas se encuentran en el camino de la Hacienda de Vaquerías á Atotonilco el Grande. Estas columnitas están en la base de la corriente y contienen una cantidad considerable de fierro.

Descripción microscópica de las rocas, por E. Ordóñez.

Cerrito de Vaquerías.—Roca de color gris, ligeramente violada, con numerosos cristales de feldespato diseminados. Al microscopio se ve constituída de un magma amorfo y microfelsítico, con algunas microlitas de sanidino de extremos bifurcados. El magma se ha segregado en partes en forma esferolítica. Cada esferolita está formada por hacecillos fibrosos de microfelsita que son débilmente alumbrados á la luz polarizada. Los fenocristales son de sanidino en macles de Carlsbad. Hay pequeños nidos de tridymita en la masa de la roca. La predominancia de la microfelsita en la roca la define como una rhyolita.

Camino de Buenavista á San Pablo.—La roca es de color pardo, muy cristalina, pues la materia amorfa casi no existe. Es una asociación de feldespato microlítico de labrador con fluidalidad poco marcada, amoldados los cristales por grandes playas y secciones prismáticas de piroxena augita. El olivino, primer mineral consolidado, está bastante alterado. Esta roca debe considerarse como un melafiro y procede de las partes inferiores de una corriente de lava. La roca del medio de la misma corriente tiene igual grado de cristalinidad que la anterior, aunque de grano más fino. Debe considerarse también como un melafiro.

La roca de la parte superior de la misma corriente es una lava muy ampollosa de color gris, de magma escaso, amorfo y globulítico, con abundantes microlitas en ordenación fluidal, de labrador, alargadas y macleadas según la ley de la albita. Cristales de piroxena de pequeña dimensión, microlitas del mismo mineral; algunos cristales de olivino que se encuentran accidentalmente están transformados en óxido rojo de fierro. Las cavidades de la roca están tapizadas de una costra de limonita, de calcedonia y de arcilla, producto de circulación de aguas calientes. Esta roca es del tipo de las labradoritas, que abundan en corrientes en la región.

La roca que proviene de la corriente superior es un tipo de transición del melafiro al basalto, porque la materia amorfa comienza á presentarse de nuevo. La misma asociación que en las rocas anteriores: labrador, amoldado por augita, y olivino alterado. La roca tiene grandes nidos de tridymita.

Loma Ancha.—En cuanto á la roca procedente de la Loma Ancha, se aproxima más al tipo de los basaltos. Su color es negro, muy compacta,

con un grado de cristalinidad bastante grande para reducir la materia amorfa á mínima cantidad y solamente llenando los pequeños intersticios entre los cristales. Si se trata de una roca procedente de una corriente de lava, el ejemplar viene de las partes de dicha corriente que se enfriaron más lentamente. El escaso magma es globulítico, las numerosas microlitas son de labrador, macleadas con la extinción del labrador. La augita en numerosos granos y secciones amolda al feldespato, y el olivino en pequeña cantidad está alterado. Tiene la roca grandes granos de óxido negro de fierro.

Mineral de fierro.—Las muestras de mineral de fierro de la mina Terreros dan idea del modo como se han depositado los óxidos de fierro. Una de las más instructivas nos da al microscopio el carácter de una brecha constituída: 1º, de fragmentos pequeños de cuarzo, de feldespato, en su mayoría de sanidino y algunas microlitas; 2º, pedazos de pómez y de rhyolita, es decir, de microfelsita y esferolitas, semejantes á la roca del cerrito de Vaquerías; 3º, fragmentos de labradorita y basalto semejantes á las rocas de esta especie antes descritas. Estas distintas partes se hallan soldadas por la sílice bajo la forma de ópalo de concreción, de color amarillo á la luz natural, el que envuelve como producto de último depósito óxidos rojo y amarillo de fierro, que se ven á veces concrecionados con el ópalo y á veces en la forma de granos como retenidos mecánicamente por el ópalo; este último caso es el más frecuente, lo que quiere decir que dicho fierro no procede de una sustitución con los elementos de las rocas, sino que llegó hasta ellas ya libre, é impregnándolas, ó bien en disolución en aguas cargadas de sílice y por lo tanto de ácido carbónico.

En otros ejemplares de la misma mina la penetración del fierro es más completa, el ópalo menos abundante, pero juntamente con él algunas cavidades tienen un reborde de tridymita. Los fragmentos de las rocas son menos claros y en parte han desaparecido, quedando solamente los fragmentos de fenocristales de feldespato, que tienen la particularidad de mostrar, cerca de los bordes, hileras en rosario de multitud de vesículas gaseosas, indicando con eso que han sido sometidos á una alta temperatura, pues es el fenómeno muy parecido al que ofrecen los feldespatos en las enclaves.

En las muestras muy ricas en fierro como en las de la Loma Ancha de las laderas del Cerro de San Sebastián, no se observan ya fragmentos de rocas ni depósito de ópalo, sino simplemente óxidos ferruginosos terrosos, sin ninguna estructura de concreción.

En la mina Terreros, juntamente con los óxidos de fierro, vienen fragmentos de semiópalo puro, de colores gris y pardo.

Cuaternario y aluviones recientes.

Al Cuaternario y al Período Reciente (una separación no es bien posible aquí) pertenecen todas las brechas trituradas que cubren el basalto, como

también los restos fluviales y lacustres que se encuentran en la barranca principal, así como en algunas de las secundarias. Describiremos estos depósitos en el orden siguiente: las brechas que cubren el basalto, los restos fluviales de la barranca principal y los depósitos lacustres del arroyo de las Flores.

Las brechas trituradas que cubren el basalto contienen abajo (véase el corte 2) una acumulación de pedruscos de basalto que están unidos por una masa de brechas volcánicas trituradas; sobre esto sigue el detritus más fino con aislados pedruscos de basalto, en cantidad que va disminuyendo, hasta perderse arriba casi por completo. Parece que á toda la masa le falta la estratificación.

En estas capas se encontró, cerca del lugar llamado Magueyes Verdes, á una profundidad de dos metros de la superficie, una muela de *Elephas primigenius Blumb.*, lo que nos prueba que el Cuaternario llega casi hasta la superficie y que las capas recientes ó faltan ó son insignificantes.

Donde el basalto no está cubierto por el detritus se ha descompuesto la roca eruptiva por la circulación del agua, formando una cubierta más ó menos gruesa de caliche.

En cuanto á los restos fluviales en la barranca principal, así como en las secundarias, tenemos que distinguir dos divisiones, á saber: el acarreo estraficado que se depositó durante la formación de la barranca misma, y por otra parte el material acarreado más moderno, que cubre hoy en masas grandes los flancos de la barranca. Hay que considerar estos últimos como más modernos, porque cubren en varios puntos los restos que hemos mencionado en primer lugar. Naturalmente, esto no prueba la misma relación de edad para todas las partes de los depósitos, pero permite suponerla como probable. Los depósitos más antiguos se encuentran en diferentes lugares de la barranca en altura diferente, cubriendo la roca primitiva, sea ésta basalto, labradorita, brechas ó sedimentos cretáceos. Estos depósitos consisten en parte de arenas de grano más ó menos grueso de basalto, de labradorita, de pómez y de brechas trituradas; por otra parte de brechas tri turadas, haciendo una toba que muchas veces está colorida por ocre. Donde el depósito está casi en el fondo de la barranca hay naturalmente también calizas y pizarras cretáceas entre los componentes. Cerca de la mina del Milagro encontramos á la altura de la labradorita el corte siguiente (de arriba para abajo):

2 metros.	toba, conglomerado fino alternando con arena, toba, arena, toba,
0,05 m.	toba de espesor irregular.
0,15 m.	arena,
0,02 m.	toba colorida por ocre,

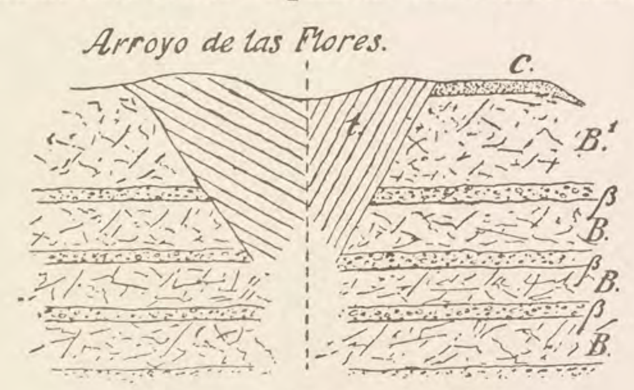
1 m. { arena fina,
arena más gruesa,
conglomerado de piedras rodadas.

Aunque este afloramiento tenga sólo algunos metros de espesor, es no obstante instructivo; se observa una estructura paralela discordante clara; con seguridad estos restos fueron dejados en sus lugares durante la formación de la barranca, que en este lugar todavía es relativamente angosta; la coloración de algunos lechos por el ocre se habrá hecho probablemente por material del criadero de fierro llevado por el agua.

Depósitos semejantes se observan también en las dos riberas de la barranca arriba del rancho de San Pablo, en una altura de cerca de 1,900 metros, y otro más en una altura de cerca de 1,800 metros; el último es de extensión considerable y está en parte bien estratificado. Podemos, pues, probar la existencia de los restos de dos terrazas, pero fundándose en los afloramientos al lado meridional cerca de San Pablo, es probable que existan todavía algunas más.

El material triturado y conteniendo pedruscos de basalto y labradorita que cubre los flancos del valle, no da motivo para observaciones especiales; es el acarreo común de pendientes mezclado con material que fué acarreado desde la planicie y fué condensado en una masa compacta por los efectos de las lluvias. Cubre todos los depósitos, desde el Cretáceo hasta el basalto más moderno y no muestra, hasta donde llegan nuestras observaciones, ninguna estratificación.

Respecto á depósitos lacustres, finalmente, sólo podemos citar uno en el arroyo de las Flores. Se trata en este caso de un banco no muy poderoso de lignita. Este banco se encuentra en una altura de 1,455 metros, á saber, 255 metros abajo del borde de la llanura. Debajo del banco hay tobas con numerosos restos de plantas mal conservadas; el fondo está formado por pizarrras de Necoxtla fuertemente plegadas (rumbo N. 25° W., echado principal S.W.). Sobre la lignita se encuentran arenas más ó menos finas. Tenemos aquí, como se ve claramente, un depósito muy moderno, y hay que decir que la lignita es técnicamente inútil, tanto por su cantidad como por su calidad. La lignita debe haberse formado en una pequeña represa en forma de laguna en el arroyo de las Flores, las aguas deben haber bajado por el arroyo, como nos lo demuestra el corte en las partes superiores de esta pequeña barranca se-



1. *B* Labradorita.—*B'* Basalto.—*β* Brechas.—*t* Tobas.

cundaria. Vemos, pues, allí las condiciones representadas en el adjunto corte 1. A los dos lados de la parte de donde baja el arroyo actual están las rocas de las corrientes de labradorita y de basalto, con sus brechas correspondientes, y arriba se halla la capa de caliche. Entre los basaltos, etc., se hallan poderosas capas fuertemente inclinadas de brechas trituradas, lo que prueba que se había formado en este lugar una antigua barranca antes que la barranca de San Pablo hubiese llegado hasta su profundidad actual; aquella barranca fué rellenada después por acarreo. En el fondo de la cortadura se acumuló el agua, numerosas plantas fueron acarreadas y así se formó una capa de restos de plantas más ó menos destruídas, que se transformó en lignita en el curso del tiempo. Como la barranca ha cortado el basalto y como la abra fué rellenada después, hay que considerar la lignita como de una edad bastante moderna, es decir, cuando mucho del Cuaternario.

Fenómenos volcánicos en la actualidad.

Como últimos restos de la acción volcánica debemos considerar los manantiales termales de Arroyo Seco y de Acaseca. El manantial de Arroyo Seco, que está en una barranca cerca de la Hacienda de Vaquerías, contiene peróxido de fierro, ácido silícico, alúmina, cal, ácido sulfúrico y ácido fosfórico. El manantial está captado, de modo que no se puede observar la salida del agua de la roca; por la coladera por la cual viene el agua á la superficie sale en forma de copos una concreción ferruginosa cuya composición es: $Si\ 0^2 = 40$ %; $Fe^2\ 0^3 = 60$ %; la salida de los copos no se hace regularmente sino alternando en cantidades mayores y menores. El agua tenía en la coladera 30° C., siendo 22° C. la temperatura del aire.

El segundo manantial, llamado Acaseca, no forma depósitos; contiene bastante sulfídrico libre y tiene una temperatura de 45° C., siendo su composición la siguiente:

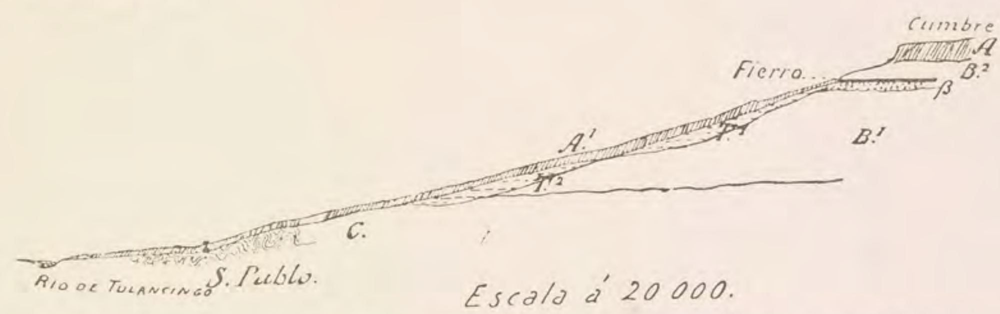
disueltos en CO^2.	$Si\ 0^2$	0.0267	0.2756 gs. por litro, precipitables por ebullición.
	$CO^3\ Ca$	0.2414	
	$CO^3\ Mg$	0.0071	
	$CO^3\ Fe$	0.0004	
	NaCl	0.0607	
	$CO^3\ Na^2$	0.2014	
	Materia orgánica	vestigios	
	Total residuo:	0.5377 gramos por litro.	
	Residuo obtenido por evaporación:	0.5401 ,, ,, ,,	

Historia geológica de la región.

Para hacer la historia geológica de la región, tenemos que distinguir desde luego dos grandes divisiones en ella, á saber: la que comprende el tiempo antes del gran movimiento orogénico y la que siguió á ésta. En

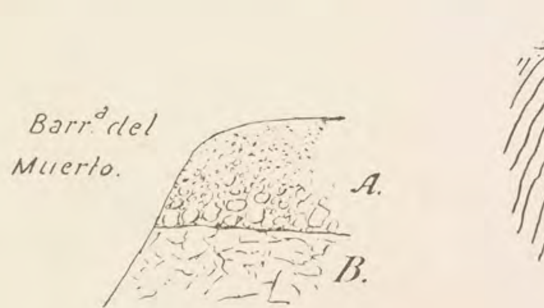
ésta. En la naturaleza está expresado esto por la situación de las capas, comprendiendo en esta expresión también las rocas eruptivas, porque en sentido geológico presentan en este caso completamente las cualidades de capas. En nuestra región sólo tomaron parte en el levantamiento que sufrieron las capas de las montañas mexicanas, en el Terciario antiguo, [1] los sedimentos cretáceos; sólo ellos están, pues, fuertemente plegados y ninguno de los depósitos más modernos muestra dislocaciones considerables.

Cualquiera de los cortes desde la llanura del Valle de Tulancingo hasta el fondo de la barranca nos ilustra las condiciones geológicas en lo general; y se puede decir de antemano que los cortes por las riberas de la barranca principal son por lo general uniformes, y por esto nos limitamos á indicar dos que dan todas las relaciones que serán descritas en el texto. El primero baja de la cumbre, cerca del Rancho de Buenavista, por el Rancho de San Pablo, al Río de Tulancingo; el otro da la ribera izquierda del Arroyo de las Flores.

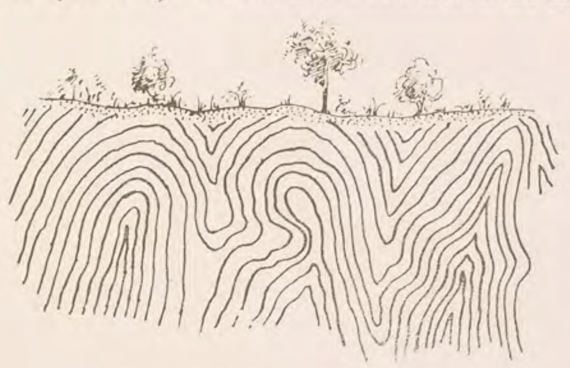


2. *C* Pizarras de Necoxtla; B^1 Labradorita; β Brecha con fierro; B^2 Basalto; *A* Brecha triturada; T^1 y T^2 Terazas; A^1 Aluviones y acarreo modernos.

En el fondo de la barranca vemos en muchos lugares las capas cretáceas; en el Rancho de San Pablo, barranca arriba, encontramos calizas de Maltrata, y barranca abajo, pizarras de Necoxtla; ambas presentan un plegamiento intenso. El bosquejo adjunto (corte 4) nos da una ilustración de la



3. *B* Basalto; *A* Brechas trituradas del Cuaternario.

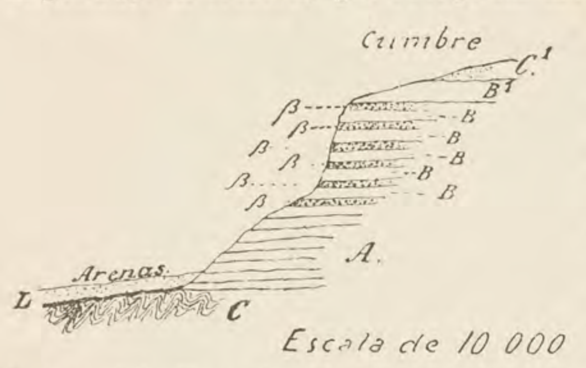


4. Caliza de Maltrata plegada; Rancho de San Pablo.

1. Dejamos aparte aquí, como de poca importancia, los fenómenos de levantamiento y hundimiento que tuvieron lugar en el Senoniano.

forma de los pliegues en la caliza de Maltrata, cerca del Rancho de San Pablo. Estas capas tomaron parte, por lo tanto, en el movimiento orogénico.

Sabiendo que la emersión del terreno, es decir, la retirada del mar, había comenzado en esta región en el Senoniano, tenemos que suponer que después del movimiento orogénico el terreno ya fué configurado por la erosión y que ya se habían formado valles y sierras, cuyo plan tectónico encontró su causa en el movimiento orogénico; la configuración más detallada la produjo la erosión, que rebajó las montañas y rellenó los valles, después de haberlos cortado hasta su nivel de base. Los restos de estos efectos de la erosión los vemos en los aluviones, que están debajo de las corrientes de labradorita. El valle que se formó aquí en el Terciario siguió más ó menos el curso actual de la barranca de San Pablo y se rellenó en parte.



5. Arroyo de las Flores, ribera izquierda. *C* Cretáceo, pizarras de Necoxtla; *A* Aluviones antiguos; *B* Labradorita; *β* Brechas del Plioceno; *B'* Basalto; *C'* Caliche; *L* Lignita.

Al lado de la erosión también el volcanismo tenía influencia en el cambio de la configuración del suelo. Erupciones de rhyolitas tenían lugar en nuestra región en el Terciario Moderno, es decir, en el Mioceno Superior ó Plioceno Inferior. Por falta de afloramientos no podemos probar si la rhyolita cubrió partes extensas del suelo; pero por la circunstancia de que en la vecina sierra de Pachuca las rhyolitas están muy distribuídas, y porque las brechas antiguas son en gran parte de naturaleza rhyolítica, debemos concluir que las erupciones de rhyolitas eran considerables, y la única cúpula de rhyolita que aflora, sobresale todavía hoy de la llanura del Valle de Tulancingo.

A las erupciones de rhyolitas siguieron las de labradoritas, y se pueden distinguir varias emisiones de lava que fueron interrumpidas, aunque la erupción pudo haber sido bastante continua y haber obtenido cierta importancia, porque se pueden seguir las corrientes desde la parte superior hasta la inferior de la barranca de San Pablo. La angostura de las brechas que no fueron trituradas por agua prueba que no hubo interrupciones considerables. La primera interrupción de importancia después de las emisiones anteriores tuvo lugar en el Plioceno Superior. Los restos fósiles encontrados en las brechas, que caracterizan el fin de la erupción de labradorita, nos demuestran que la ancha llanura formada por las corrientes de lava era habitada por animales ó que éstos existían en las montañas y que sus cadáveres fueron acarreados por el agua corriente á la llanura. Naturalmente, las corrientes de lava labradorítica siguieron el descenso del terreno, que existía ya después del levantamiento de la montaña y cuyo declive

era tan fuerte que los aluviones posteriores y las erupciones de labradorita no pudieron disminuir sino en parte. Como lo hemos mencionado ya, reconocemos en las brechas del Plioceno Superior las huellas del agua corriente y, á saber, de un agua que contenía grandes cantidades de ácido silísico y de fierro. Estas soluciones las encontramos en manantiales termales que en nuestro caso fueron manantiales minerales de origen volcánico, y como no contenían cal, deben haber obtenido su ácido silísico pasando por las masas de rhyolita. Como la mineralización tenía lugar en una extensión tan grande, hay que suponer la presencia de un gran número de manantiales termales, que por su parte indican una distribución considerable de la rhyolita. La salida de numerosos manantiales termales está generalmente ligada con el decrecimiento de un período de erupción; este era el caso también aquí, como lo prueba lo que hemos mencionado, de modo que nuestra opinión recibe así un nuevo apoyo. Varias circunstancias prueban que no hubo ninguna formación de lagos y pantanos. Sobre todo, existía todavía el antiguo descenso en el terreno, de modo que las corrientes de basalto seguían exactamente el curso de las labradoritas, pues no debe haber existido un impedimento, una barrera que causara una represa de las aguas; por otra parte, resulta del estudio microscópico de la brecha que contiene el fierro, que no existen restos de plantas en ella y que ninguna descomposición química bajo la presencia de restos orgánicos tuvo lugar, como sucede cuando se forma fierro palustre; [1] al contrario, había solamente un depósito de ácido silísico y limonita; los dos minerales encierran los cristales de feldespato de las brechas, sin que se observe en ellos descomposición. Tales depósitos de manantiales no son en manera alguna raros: citamos aquí los fierros (Bohnerze) de Württemberg, Suiza y Francia y quizá también los fierros cretáceos de Franconia (Baviera). J. Haniel cita [2] un gran número de criaderos que fueron formados por aguas minerales; dice que esos criaderos se formaron por aguas minerales que contenían ácido carbónico.

Después del depósito de los manantiales termales, que duró algún tiempo, empezó otro período de mayor actividad volcánica; siguió una fuerte erupción de basalto y sus lavas cubrieron la brecha casi en toda su extensión. A esta erupción siguió de nuevo la salida de varios manantiales termales, de los cuales duran algunos hasta la actualidad. Hoy todavía encontramos, particularmente en el manantial de Arroyo Seco, depósitos de fierro con mezcla de ácido silísico; esto nos muestra en la actualidad cómo se formaron los depósitos de fierro entre la labradorita y el basalto.

Al mismo tiempo empezó su trabajo la erosión. El amplio valle de Tu-

1. Citamos los estudios muy exactos y detallados de F. M. Stapf: Ueber die Entstehung des Seerze (Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1866, p. 86–173), cuyos resultados fueron utilizados por J. H. L. Vogt (Salten og Ranen. Kristiania, 1891, p. 214) y Hj. Sjögren (Geol. Föreningen i Stockholm förh. 13, 1891, p. 373) para explicar la formación de criaderos de fierro en Suecia.

2. J. Haniel. Ueber das Auftreten und die Verbreitung des Eisensteins in den Juraablagerungen Deutschlands. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1874, p. 59–118.

lancingo fué cubierto por aluviones, los ríos y arroyos acarre aron el materia triturado de las rocas eruptivas desde las montañas vecinas y lo depositaron en el suelo poco inclinado del valle. Durante el mismo período el río principal comenzó á hender la roca; en la barranca angosta y no muy profunda que se formó de esta manera se formaron depósitos fluviales cuando la corriente acabó de ser muy fuerte y rápida. Estos depósitos fueron destruídos en su mayor parte por la erosión lateral, de modo que quedaron sólo los pequeños restos que describimos antes. El curso de la barranca ya estaba determinado por un valle terciario, como lo hemos demostrado anteriormente. Este valle ya había sido cortado hasta su nivel de base (base level) y en parte era otra vez rellenado, pero con todo esto quedó aún un descenso considerable del terreno, el cual siguieron más tarde las rocas eruptivas. Reconocemos este declive, por ejemplo, en la situación de la base del basalto; mientras entre el Milagro y el camino de la Hacienda de Vaquerías á Atotonilco el Grande esta base está á las alturas siguientes: 1,960 metros, 1,930 metros, 1,850 metros, 1,710 metros, la encontramos al Norte de la parte media, cerca de la mina de la Reunión, á una altura de 2,010 metros, de modo que entre este punto y la Loma Ancha existe una diferencia de nivel de cerca de 160 metros. Cerca de la Loma Ancha se ve también en el terreno claramente el declive de la corriente de basalto; quedará, pues, muy poca duda de que tenemos aquí el curso de un valle terciario.

Como ya lo hemos mencionado, podemos observar claramente en varios lugares restos de formación de terrazas, á saber: una terraza principal casi en el fondo de la barranca (cerca del Rancho de San Pablo) y otra más alta, más ó menos á la altura de 1,900 metros. Cosa semejante se encuentra en el punto donde está la mina del Milagro. Es de suponer que éstas no son las únicas formaciones de terrazas, pero en lo general los afloramientos no son bastante favorables para el reconocimiento de todas las terrazas, porque los dos lados del valle están cubiertos por el acarreo cimentado moderno. La existencia de dos de estas terrazas es una indicación importante. En ninguna parte de la barranca se puede probar la existencia de una antigua barrera que pudiera haber represado el agua; y puesto que se formaban depósitos, debe haber disminuído el caudal de manera que la barranca alcanzó su nivel de base. ¿Cómo era posible entonces que la corriente comenzara de nuevo á cortar los aluviones y la roca y llegara á partes más profundas que antes? Tenemos que suponer por fuerza que la parte superior de la barranca sufrió pequeños levantamientos temporales en el Cuaternario ó en el Plioceno más moderno, de modo que se hizo de nuevo un descenso en el talweg; cuando el río llegó hasta una altura de cerca de 1,800 metros (cerca de San Pablo) se formó de nuevo un nivel de base y siguió otra vez un levantamiento y el río cortó otra vez la roca. En la actualidad la barranca ya llegó en su tercio inferior al nivel de base, y la parte inferior, ó sea la laguna de Meztitlán, llegó probablemente desde el Terciario, mientras que en la parte superior de la barranca la incisión profunda

se hizo mucho más tarde. Del rancho de San Pablo para abajo parece comenzar el rellenamiento, mientras que la parte alta de la barranca todavía se está profundizando.

Hemos dicho que la formación de la barranca está en relación con la de los depósitos de lignita y por esto ya no es necesario hablar más de este asunto.

NATURALEZA DE LOS CRIADEROS.

Después de haber estudiado la geología de la región, é indicadas ya las formaciones que la constituyen, desde la sedimentaria cretácica y la eruptiva terciaria hasta las cuaternarias y recientes, que se hallan desde el Rancho de la Mora hasta el plan de Las Flores, pasamos ahora á estudiar en detalle los criaderos ferruginosos, los cuales, aunque con lapsos grandes de interrupción, pueden observarse desde la mina El Milagro hasta la llamada Nuestra Señora de la Luz, minas situadas en la barranca grande ó cañón de Tulancingo. Muy poco explorados se encuentran en verdad esos criaderos, pues no obstante la buena calidad de los minerales y las mejores condiciones económicas de la localidad, los trabajos durante cuarenta años han sido desarrollados en muy pequeña escala y sólo en la parte superficial de los mencionados criaderos, zona que dejó á descubierto la erosión, la cual al abrir las barrancas de Tulancingo y sus afluentes ha proporcionado profundos cortes naturales que facilitan al geólogo sus estudios y evitan trabajo al industrial, permitiéndole á éste proceder desde luego al disfrute de esos yacimientos.

Como hemos dicho, los criaderos ferruginosos se encuentran entre dos escurrimientos, uno de roca labradorita y otro basáltico; el primero y más antiguo forma el bajo ó asiento de los criaderos, y el segundo posterior á la formación de aquellos yacimientos constituye su alto. La distancia que separa á esos dos escurrimientos y que forma la anchura ó potencia del criadero, es muy variable: desde 10 centímetros, como se ve en las minas El Milagro, Hidalgo y Morelos, hasta 80 centímetros en las minas Transvaal y Nuestra Señora de la Luz. Esta variabilidad de potencia origina notables y frecuentes interrupciones en los criaderos y les da la forma de grandes lentes aplastadas, unidas entre sí por láminas muy delgadas, á las veces imperceptibles. Estas lentes están colocadas sobre un plano á 1,960 metros sobre el nivel del mar, ligeramente inclinado del Oriente hacia el Poniente, y siguen las anfractuosidades de la capa labradorítica inferior. En esta capa se observa un salto de 70 metros en el fundo llamado Nuestra Señora de la Luz y salta también el criadero, el cual baja de la zona alta y acantilada de la barranca principal para la de suave pendiente y cercana á la cima del estribo llamado Loma Ancha, que, casi normal á la dirección de la barranca, se encuentra mucho menos elevado que las planicies de gran extensión que coronan al profundo cañón de Tulancingo.

La extensión horizontal ocupada por estas lentes mineralizadas es sin duda bastante considerable, pues aunque los trabajos de exploración sean muy pocos, como hemos dicho, los profundos cuanto varios cortes naturales que en diversas direcciones surcan el terreno, permiten ver en una zona de 30 kilómetros de largo por más de 2 de ancho multitud de secciones de esas lentes, algunas bastante largas, lo que prueba que existe en esa región una zona mineralizada extensa y que algunas de esas lentes serán grandes aunque de poca potencia.

El relleno de la zona mineralizada, que en forma de lentes se encuentra entre los escurrimientos labradorítico y basáltico, lo pudimos estudiar tanto en los lugares en que la erosión ha dejado á descubierto los criaderos, como en las obras subterráneas emprendidas para el disfrute. Estas obras son socavones cuyas bocas se encuentran á las márgenes de las barrancas, y que siguiendo caminos tortuosos en los criaderos alcanzan ahora un desarrollo de 50 á 100 metros. Entre esos socavones mencionaremos: el del Milagro, 150 metros abajo de la planicie de coronamiento de la barranca de Tulancingo; el Sabinal, en el fundo Transvaal, á 120 metros abajo de la misma planicie, y el llamado Loma Ancha, en el fundo de Nuestra Señora de la Luz, á 135 metros abajo de la cima del mismo nombre. En todas estas labores (que en la localidad son conocidas con el nombre de ''ranchos''), así como en varios cortes naturales, pudimos observar el mismo relleno, constituído por los siguientes elementos: el bajo del criadero lo forma, como hemos dicho, la labradorita, á veces esponjosa é impregnada de óxido de fierro hidratado, mineral que rellena las ampollas de la roca y que se introduce en su masa porosa cimentándola y rodeando hasta las microlitas de la misma roca; sobre esta capa se encuentra otra muy delgada de brecha rhyolítica, á veces pomosa, é impregnada también por óxido de fierro y silisa hidratada; encima se encuentra la capa de mineral de fierro, formada en la parte baja por limonita y en la parte alta por hematita roja, cimentadas por arcilla y silisa hidratada; sobre esta capa, que es la que representa el valor industrial del criadero, se encuentra otra muy delgada y formada por semiópalo de diversos colores, siempre ferruginoso y que está en contacto con la roca basáltica del alto, la cual no está impregnada por el óxido de fierro como la labradorita que se encuentra en el bajo del criadero. Las únicas variantes que se observan en el relleno ya mencionado, son: que á las veces el bajo del criadero es una brecha labradorítica completamente impregnada de limonita y ópalo; y otras, que el alto está formado por una capa de arcillas, resultado de la trituración por frotamiento del basalto del alto al resbalar sobre la capa silisosa, sobre los semiópalos, que se encuentran siempre en la zona superior de las lentes mineralizadas.

La potencia de cada una de las zonas que forman el relleno ya descrito es muy variable, y sólo puede decirse: que la parte útil, por su mejor mineralizazión, ocupa las tres cuartas partes de la potencia total del criadero y que su arranque es muy fácil, rápido y económico, por la poca cohesión del mineral cimentado por la arcilla ferruginosa.

Conocidas ya las relaciones de posición en que se encuentran estos criaderos con respecto á las formaciones geológicas de la región; indicada también la forma que afectan, la extensión aproximada que ocupan y la naturaleza de su relleno, tal como se observa en todos los lugares en que la naturaleza ó el hombre los ha puesto á descubierto, pasamos á estudiar ahora el origen y modo de formación de estos criaderos; trataremos de reconstruir su génesis y los clasificaremos en seguida.

El fierro, metal tan interesante para la industria, como uno de los principales y más abundante elemento constitutivo de la corteza terrestre, lo encontramos: nativo, en las doleritas de Ovifak, en Groenlandia; oxidulado, en las rocas granitoides y traquitoides, contenido en las piroxenas, anfíbolas ó micas y aun feldespatos que las forman; titanado y cromado, en las dioritas, diabasas, euphotidas ó gabros; y al estado de silicato, en las rocas ácidas y básicas, concentrándose ya en la misma roca en el momento de cristalización de ésta, ó separándose, por el contrario, de la roca eruptiva, ya en el momento de la emisión, ya posteriormente, bajo la influencia de circulaciones hidrotermales. Este metal tan abundante lo vemos: ya combinado con el oxígeno, formando la limonita, la hematita roja, el oligisto y la magnetita, como con el ácido carbónico, formando la siderosa; ya con el azufre, bajo forma de pyrita ó marcasita, como con el ácido fosfórico constituyendo la vivianita; ó, por último, combinado con la silisa, formando parte en la composición de casi todas las rocas eruptivas, concentrándose á las veces para originar los yacimientos de inclusión en cúmulos, como los que existen en las serpentinas en Taberg y Cogne, ó separándose de las rocas eruptivas para formar los criaderos filonianos, como también los sedimentarios.

Esa difusión del fierro y de sus compuestos entre los elementos constitutivos de casi todas las rocas eruptivas ha originado, mediante fenómenos secundarios antiguos ó recientes, la formación de los grandes depósitos ó yacimientos de formas varias, que encontramos con frecuencia y cuyo valor industrial aumenta con los progresos de la química, los que aplicados á la metalurgia permiten hoy explotar con ventaja criaderos antes depreciados por el fierro impuro que pudieran producir.

Por otra parte, si se tiene en cuenta la fácil solubilidad del fierro y de sus combinaciones en el agua simplemente cargada de ácido carbónico, se comprende desde luego cómo pudo pasar el fierro, de elemento constitutivo de una roca, á formar inclusiones, vetas, capas, y en general todos los criaderos en que lo encontramos hoy concentrado y que, al motivar los estudios del geólogo, atraen también las miradas del minero, quien encuentra en ellos nuevas fuentes de riqueza y de utilidad general.

El silicato de fierro que se encuentra en casi todas las rocas constituye la mayor parte de las clasificadas como básicas, en las que existe también el fierro oxidulado, cromado á las veces y también titanado; pero todas estas combinaciones son solubles al estado de bicarbonato en las aguas cargadas

de ácido carbónico, ya meteóricas, ó bien las termales emitidas por manantiales.

De estas disoluciones, vehículo que lleva el compuesto metálico para concentrarlo en puntos lejanos á veces, se precipita el fierro ya como carbonato formando los criaderos de siderosa, ó bien al estado de óxido hidratado; y ya se acumula en las fracturas por donde circularon esas aguas termales ferruginosas, formando vetas, ya se concentra en depresiones cerradas para formar capas ó pantanos, ó bien se deposita en la superficie del terreno que sirve de lecho de escurrimiento á esas aguas, constituyendo los criaderos de desparramiento.

Explicado el origen primero del fierro que existe en los criaderos filonianos ó sedimentarios, metal que antes formara parte constitutiva de las rocas eruptivas, las cuales son el producto más ó menos directo de la escorificación del núcleo metalífero fundido, situado en el centro de la tierra, y conociendo también la solubilidad de los compuestos ferruginosos en las aguas carbónicas, se comprende fácilmente: que en todas las épocas geológicas se hayan formado criaderos de fierro, que los encontremos desde los tiempos primitivos hasta nuestros días, y que los veamos formarse en los pantanos y en los lechos de escurrimiento de aguas ferruginosas.

En efecto, si lanzamos una mirada retrospectiva y con atención recorremos los criaderos ferruginosos, encontraremos con Fuchs y De Launey: en los cipolines del terreno primitivo, los mantos y cúmulos de magnetita y oligisto de Mokta-El-Hadid; en las calizas del terreno primitivo, los cúmulos de magnetita y oligisto de San-Thiago en Portugal. En el período cambriano, en el que existen pocos yacimientos de fierro, encontramos sin embargo el cúmulo de oligisto de Asturias y los mantos del mismo mineral en la isla de Elba. En el período siluriano, en el que empezaron á formarse las divisiones en cuencas, permitiendo éstas el depósito de los minerales de fierro tomados á las rocas de los contornos, encontramos un gran número de capas ó mantos ferruginosos que han sido metamorfoseados más tarde y entre los que citaremos: los de oligisto y magnetita de Segré y Rougé, en las cuartzitas silurianas; las de Dieletté (Mancha) en las leptynitas; las de Saint-Rémy sobre la arenisca armoricana; las de Krivoi Rog (Rusia), en pizarras y cuartzitas; las de Bohemia, en las pizarras que forman la capa llamada de Komorau; las capas de fierro oxidulado magnético de Saint-Léon (Cerdeña), en pizarras silurianas; los cúmulos de hematita roja en cuartzitas, de Villa Caños, en Andalucía; los cúmulos de hematita parda, en las calizas de Grand Vallée (Alleghany), y la extensa capa de hematita roja oolítica, que se encuentra en el Estado de Nueva York, en Pensilvania, y sobre el borde Poniente del lago Michigan. En el período devoniano encontramos cúmulos de siderosa intercalados en calizas y pizarras en Erzberg de Styrie y de Carinthie, y cúmulos de hematita roja en Elbingerode (Harz). En el período carbonífero se hallan los mantos y cúmulos que con justicia han llamado más la atención del minero, puesto que el fierro

está entonces cercano á la hulla, elemento empleado en su elaboración, y entre estos privilegiados yacimientos encontramos: los cúmulos de hematita roja en las calizas carboníferas de Cumberland (Inglaterra), los mantos de siderosa en las pizarras hulleras de Ruhr de Silesia y de Francia, y en la época permiana, en que las acciones químicas gozaron gran papel y en la que el fierro colora de rojo todo un piso de arenisca, están las capas arcillo-ferruginosas de la cuenca de la Sarre (Francia) y las de Cartagena (España). En el período triásico se encuentran las hematitas pardas de Silesia en cúmulos sobre la dolomía metalífera y los mantos de limonita en Ardeche (Francia). En el liásico, en la época hetangiana, están los mantos de Borgoña y las lentes de Mazenay y Changes; en el sinemuriano, el manto de hematita parda oolítica de Harzbourg (Alemania); en el toarciano, las capas de mineral oolítico de Meurthe y Moselle (Francia). En el período oolítico, en el piso bajosiano, tenemos los mantos y lentes de Ougney, Isenay y Privas, y en el oxfordiano las lentes de hematita roja de Pierre-Morte, de Neuvysy y de Chatillon (Francia). En el período infracretácico encontramos: en la época neocomiana, la caliza ferruginosa de Métabief; en la urgoniana, la capa roja de Wassy y los minerales milioolíticos de Champagne; en la aptiana, los cúmulos de hematita parda de Bois-de-Loges y de Blangy. En el período cretácico, entre las arcillas y calizas huronianas, se encuentran los cúmulos de hematita de Bilbao (Vizcaya). En el período eoceno se hallan los desparramamientos ferruginosos de hematitas pardas ó rojas manganesíferas de Túnez. Y, por último, como yacimientos sedimentarios de fierro tenemos los minerales de lagos y de pantanos que se encuentran en todas las épocas geológicas, desde el terreno llamado primitivo, en el que son abundantes, y que se depositan hasta la fecha en un gran número de lugares, como en Silesia, Polonia, el Banat, la Finlandia y los lagos de Escandinavia. Lo mismo que los yacimientos sedimentarios, encontramos los filonianos en todos los períodos geológicos: en el siluriano, los de magnetita de Visokaya-Gora, los de magnetita y chalcopyrita de Traverselle; en el triásico, las vetas de siderosa de Allevard; en el liásico, los filones de hematita de Rancié; en el eoceno, las vetas también de hematita de Canigou, y en el meoceno, las de Banat, Hungría y Servia.

Por lo anterior se comprende que los criaderos de fierro son muy abundantes en la naturaleza y que su formación ha tenido lugar en todos los períodos geológicos, desde las épocas primitivas hasta nuestros días; pero de todos esos criaderos, aunque de formas varias, los principales y más importantes han resultado: por el depósito del óxido de fierro que las aguas tuvieran en disolución, y que han abandonado, ya por la pérdida del ácido carbónico, ó bien por precipitaciones y reacciones químicas favorecidas á veces por diversos organismos.

El óxido de fierro lo encontramos formando mantos, capas sedimentarias, incrustando las paredes de fracturas para originar las vetas, ó bien de-

positado en las anfractuosidades ó cavidades superficiales del terreno por donde antes circulaban aguas ferruginosas.

Por todas partes y en todos tiempos encontramos el óxido de fierro, y sin embargo, su naturaleza varía y está ligada hasta cierto punto con la edad geológica del terreno en que se encuentra; en efecto, en los períodos primitivos aparece como oligisto ó magnetita, después como hematita roja, luego como hematita parda, y al fin, en nuestros días, se forman los lodos ocrosos, grises ó negros. La naturaleza del mineral varía en relación con la antigüedad del criadero; así, esos lodos ocrosos más recientes, al endurecerse se concrecionan y forman la hematita parda como se encuentra en los pantanos de Suecia y de Noruega; por la acción del tiempo y por fenómenos metamórficos este mineral se deshidrata y forma la hematita roja que encontramos en el cretácico y jurásico, y más tarde, cristalizándose y reduciéndose en parte, produce la magnetita ó el oligisto, minerales que se hallan en los terrenos antiguos metamórficos.

En el caso que nos ocupa y al estudiar los criaderos ferruginosos de Vaquerías para determinar su edad geológica y poderlos comparar desde ese punto de vista con los ya enumerados, encontramos datos precisos que nos permiten llegar al fin deseado. En efecto, no es tan sólo la naturaleza del mineral, la limonita y poca hematita que constituyen los criaderos el único dato que se posee para considerarlos como modernos, sino los fósiles encontrados en el mismo yacimiento, fósiles que hemos clasificado como del Plioceno superior; y puesto que esos fósiles están impregnados por el óxido de fierro, deben considerarse como preexistentes á la formación de los criaderos, los cuales, por lo tanto, tendrán que considerarse como de la cima del Plioceno ó de la base del Pleistoceno, posteriores al escurrimiento de las labradoritas que constituyen su bajo y de formación anterior al escurrimiento basáltico que los cubre y que forma el alto de los referidos yacimientos. No los podemos comparar, por lo tanto, con los criaderos enumerados antes, que son de edad geológica más antigua, ni con otros existentes en el país, puesto que son estos los primeros yacimientos ferruginosos pleistocenos que hemos estudiado y que nos proporcionan un dato más, precioso sin duda, para aceptar en el país las emanaciones termominerales relacionadas con la formación de criaderos metalíferos al fin de la éra terciaria, emanaciones reconocidas ya por Fuchs en los criaderos argentíferos del Carmen en Sonora y de San Francisco en Morelos, y que encontramos ahora formando los yacimientos ferruginosos sobre las labradoritas de la región de Vaquerías.

Conocida la edad geológica de los yacimientos en estudio, pasamos á explicar su modo de formación.

El origen del fierro que forma los criaderos lo encontramos por lo general, como hemos dicho, en las rocas eruptivas y algunas sedimentarias, en cuya composición entra como elemento constitutivo al estado de silicato principalmente, y de las que es tomado en disolución por aguas cargadas de ácido carbónico ó que se aisla al estado de óxido por fenómenos meta-

mórficos. Las rocas que originan la formación de estos yacimientos pueden ser: ó las superficiales que se encuentran en su contorno, las cuales hayan cedido su fierro á las aguas meteóricas ó de manantiales que las deslavan, ó que sujetas á fenómenos de metamorfismo se transforman ellas mismas en criaderos de fierro, constituídos por arcillas excesivamente ferruginosas; ó pueden ser también las rocas contenidas en las profundidades de la tierra las que hayan cedido su fierro á las aguas carbónicas termales que las circulan y las cuales sirven de vehículo para llevar á la superficie en disolución la silisa, el fierro y otros elementos que forman parte de la composición de las rocas subterráneas, elementos que se depositan en la superficie de la tierra al derramarse las aguas de los manantiales termominerales. Como ejemplos del primer caso, ó sea de criaderos ferruginosos originados por la disolución de rocas superficiales en las aguas meteóricas, encontramos: los del Erzberg Styriano, los de Cumberland (Inglaterra) y los pantanos de Suecia y Noruega. Entre los criaderos formados por metamorfismo de las mismas rocas, transformándose éstas poco á poco en verdaderos yacimientos ferruginosos, se encuentran: los de Mokta-El-Hadid y los del N.E. de Ireland, asociados con basaltos y como resultado del metamorfismo de éstos, según opinan Ralph Tate y John Sinclair Holden. [1] Y por último, entre los yacimientos cuyo fierro ha sido tomado á las rocas profundas por las corrientes hidrotermales y cuya formación es debida al desparramamiento de estas aguas, podemos citar: los de la isla de Elba, los de Tafna, de Tabarka, el de Bilbao en Vizcaya, el de Berry, los de Beni-Saf (La Tafna), los de Breisgan, Suiza y otros.

Son debidas también á las corrientes hidrotermales las varias vetas que hemos mencionado antes y que resultan de la incrustación y relleno de las fracturas profundas por los elementos contenidos en esas aguas termominerales, elementos que han sido abandonados parcialmente antes del derrame de dichas aguas en la superficie de la tierra.

Al referirnos á los yacimientos de Vaquerías tenemos que aceptar como origen del fierro el contenido en las rocas profundas, las que han sido y son hasta la fecha lixiviadas por las corrientes hidrotermales, que cargadas de ácido carbónico y á elevada temperatura y presión han disuelto varios de los elementos constitutivos de las rocas, ya por disoluciones químicas ó físicas solamente. De esta manera los silicatos de fierro atacados por las aguas termales pasaron al estado de bicarbonatos solubles, quedando la silisa en disolución física.

Aceptamos el origen interno del fierro que hoy se encuentra en los criaderos de Vaquerías, por las siguientes razones. Todos esos criaderos están colocados sobre un escurrimiento de labradoritas y no se encuentra ningún criadero semejante colocado abajo de ese escurrimiento, razón por la cual debemos creer que los fenómenos que originaron la formación de aquellos

1. Quarterly Journal, 1870, pág. 151.

criaderos comenzaron después de la emisión de la roca labradorítica, y ni esta roca ni las demás que circundan la región están alteradas como deberían encontrarse si las aguas meteóricas las hubieran atacado para disolver los silicatos de fierro que entran en su composición, sino que, por el contrario, observamos las rocas del bajo impregnadas por el óxido de fierro y la silisa, minerales que introducidos en su pasta porosa circundan á los feldespatos y á la anfíbola, elementos que permanecen inalterados; y lo mismo se observa con las rocas más antiguas, las rhyolitas, que no están alteradas y sí impregnadas con el óxido de fierro en los lugares en que se encuentran cercanas á los criaderos. Además, en las labradoritas del bajo de los criaderos se encuentra junto con el óxido de fierro una gran cantidad de tridimita, lo que revela la elevada temperatura á que se encontraban las aguas que tenían la silisa en disolución, y que al depositarla en esas condiciones lo hicieron en la forma de tridimita. Un hecho más notable todavía es el depósito que hasta ahora está dejando uno de los manantiales termales que brotan en la región, manantial conocido con el nombre de Arroyo Seco y cuyas aguas, á la temperatura de 30° C., abandonan al salir al exterior un precipitado compuesto de peróxido de fierro hidratado y silisa gelatinosa, cuyo precipitado tiene grandes analogías, por los elementos que lo constituyen, con el mineral depositado sobre las labradoritas y que forma los criaderos en estudio. En efecto, el análisis de una limonita de la mina El Sabinal, en la hacienda de Vaquerías, dió los siguientes resultados:

$H^2 0$	16.00%
$Si\ 0^2$	8.37
$Fe^2 0^3$	75.72
$Ph\ 0^5$	vestigios
$Ca\ 0$	vestigios
	100.09

Por las razones anteriores, y teniendo en cuenta además la homogeneidad en el relleno del criadero, el no encontrarse fragmentos de cuarzo ó feldespato en el relleno, ni observando éste al microscopio, y por ser la composición del relleno semejante al del precipitado que aún depositan las aguas termominerales que brotan en la región, creemos debe buscarse el origen de ese fierro en las profundidades de la tierra y explicar la formación de esos criaderos del siguiente modo.

Después de la emisión de la roca labradorítica, que corre del S.W. de Tulancingo para el plan de las Flores, continuaron las manifestaciones volcánicas con la emisión de fumarolas y de manantiales calientes de origen volcánico, los que, á decir de Elie de Baumont, pueden considerarse como volcanes privados de la facultad de arrojar cualquier otro producto que no sea gaseoso, emanaciones que llegan á la superficie condensadas en aguas termominerales. Estas emanaciones, relacionadas con la erupción de las la-

bradoritas de Vaquerías, se condensaron en aguas termominerales, las cuales por el ácido carbónico que contenían y ayudadas por elevada temperatura y presión, atacaron en su ascenso á las rocas por las cuales circularon, disolviendo los elementos ferruginosos y silisosos, y brotaron por fin al exterior por varios manantiales. Estas aguas mineralizantes fueron abandonando en su camino descendente y ya superficial los elementos que tuvieran en disolución, formando depósitos sobre la labradorita ó impregnando la masa porosa de esta roca que formaba el lecho de escurrimiento de las mencionadas corrientes termominerales. Estas corrientes, aunque de mucha menor importancia por su volumen y de temperatura más baja, las observamos todavía en la región formando depósitos ferruginosos y como débil manifestación actual de los fenómenos volcánicos acaecidos en aquella región en el Plioceno superior.

Indicado ya el origen interno de la silisa y el fierro, y aceptando á las aguas termominerales como vehículo de transporte de esos elementos, desde las profundidades de la tierra hasta donde hoy los observamos formando los criaderos de Vaquerías, nos falta estudiar las causas que produjeron el depósito.

Desparramadas las aguas termominerales por diversos puntos de emisión, circularon sobre la superficie rugosa de las labradoritas, siguiendo las direcciones de mayor pendiente, llenaron las cavidades que encontraron en su trayecto y humedecieron las rocas sobre las cuales escurrieron y las que se encontraban en los contornos de la corriente, y por esto los depósitos metalíferos quedaron colocados á diversas alturas, tanto porque las aguas siguieron la pendiente del lecho de escurrimiento, como por ser varios los caminos recorridos por esas aguas mineralizantes sobre las labradoritas de la localidad.

¿En qué condiciones se verificó, ó cuáles fueron las causas que motivaron el depósito del fierro y la silisa contenidos en esas aguas? Es la cuestión que nos falta estudiar para completar la génesis de los criaderos de Vaquerías.

De diversos modos, en verdad, pueden depositar el fierro las aguas que lo contengan, y desde luego debemos distinguir las soluciones ferruginosas estancadas y las que son corrientes: las primeras formarán capas sedimentarias, cúmulos ó pantanos, y las segundas depositarán concreciones sobre las rocas en que circulan y formarán vetas ó criaderos de desparramamiento. Por otra parte, el fierro y la silisa contenidos en disolución en una agua cargada de ácido carbónico, pueden precipitarse: por una simple exposición al aire, pues al evaporarse el ácido carbónico á favor del cual se encontraban en disolución esos elementos, se precipitarán la silisa y parte del fierro, éste al estado de peróxido hidratado, como sucede en las capas ó cúmulos realmente sedimentarios; ó bien, la precipitación puede ser motivada por reacciones químicas. Estas reacciones pueden ser debidas, ó á la composición de las rocas que se encuentran en su contacto, ó á los organismos

vegetales que se desarrollan en esas aguas. El primer caso lo observamos en los criaderos de sustitución que arman en las calizas, rocas sedimentarias que precipitan al fierro de sus soluciones al estado de carbonato ó de peróxido hidratado, según que la reacción se verifique en una atmósfera reductora ó al contacto del aire; y el segundo caso, descubierto por Ehrenberg, es el que se verifica en los pantanos, en los cuales viven en abundancia ciertas diatomeas de la especie llamada Gallionella ferrugínea, las que tienen la propiedad de fijar en sus filamentos á la silisa y una gran cantidad del hidróxido de fierro contenido en las aguas estancadas. Esta reacción se verifica de la siguiente manera, según el Dr. Newberry: [1] Siempre que las soluciones ferruginosas están expuestas al aire absorben oxígeno y el fierro se convierte en sesquióxido hidratado, que en forma de películas irisadas flotan en la superficie de los pantanos; estas películas se rompen, caen al fondo, y al ponerse en contacto con las materias orgánicas en fermentación, pierden una parte de su oxígeno que se une con el carbón para formar ácido carbónico, y el peróxido de fierro pasa al estado de protosal soluble; el ácido carbónico se desprende en burbujas y la protosal soluble absorbe de nuevo el oxígeno del aire. Esta reacción se repite hasta que se destruye la materia orgánica, y hasta entonces se forma el precipitado de limonita ó mineral de pantanos, por lo cual se comprende, como lo dice Archibal Geikie, que en la formación de los minerales de pantanos (bog–iron–ore) la acción de los organismos desempeña un papel capital.

A las causas anteriores que pueden determinar el depósito de los elementos en disolución en las aguas, tenemos que agregar, por último, la evaporación y la disminución de temperatura y de presión, pues es bien sabido que el agua, ó más bien dicho su vapor á elevada temperatura y presión, es un disolvente muy enérgico, y que tanto al condensarse ese vapor como al enfriarse el agua y á menor presión, tienen que depositarse parte de los elementos que antes estuvieran en disolución, depósito que formará capas concrecionadas en los terrenos atravesados por esas aguas.

En el caso que nos ocupa debemos considerar á las aguas termales ferruginosas como corrientes sobre la superficie rugosa de su lecho labradorítico y no como aguas estancadas, puesto que no existe en la región ningún barraje que al formar una cuenca cerrada permitiera la acumulación de las aguas en el vaso ó depósito así formado. Sin duda llenaron esas aguas todas las oquedades existentes en su lecho accidentado, pero en todas ellas las aguas tuvieron que ser constantemente removidas durante el tiempo que durara la circulación hidrotermal.

La precipitación del fierro contenido en esas corrientes hidrotermales no fué ocasionada, sin duda, por reacciones químicas provocadas por la composición de las rocas de su lecho ni por la acción de organismos vegetales. En efecto, hemos dicho antes que el estudio petrográfico de las labradori-

1. G. Moreau. Etude Industrielle des Gîtes Métallifères. Paris, 1894. Pág. 148.

tas que forman el bajo de los criaderos, así como el de todas las rocas de la región, revela la inalterabilidad en que se encuentran todas esas rocas, las cuales cuando están cercanas á los criaderos se encuentran impregnadas por óxido de fierro y silisa hidratada, minerales que circundan á los elementos de la roca los que no han sufrido alteración alguna. No fueron, por lo tanto, los elementos constitutivos de las rocas, surcadas por las aguas mineralizantes, los que determinaron la precipitación del fierro contenido en estas soluciones, precipitación que tampoco es debida á la acción de organismos vegetales, por las razones siguientes. En primer lugar, dice Daubrée [1] que el mineral del fondo de los lagos y pantanos se encuentra por lo común en granos aislados de forma esferoidal, cuyo tamaño varía desde el de una cabeza de alfiler hasta el de una nuez y aun más grande y cuya estructura concéntrica y hojosa tiene mucha semejanza con el mineral pisolítico tan abundante en las formaciones terciarias, y en nuestro caso ninguno de estos caracteres distintivos se observa en el mineral de los criaderos reconocidos. En segundo lugar, la presencia de la tridimita en el depósito de fierro que se encuentra en la roca labradorítica, revela, como hemos dicho, la elevada temperatura de las aguas mineralizantes y la imposibilidad, por lo mismo, del desarrollo en ellas de la vida vegetal, cuya ausencia ha quedado comprobada al examinar al microscopio en lámina delgada el mineral de fierro de aquella región, pues no se observa ningún indicio de intervención orgánica en la precipitación del fierro. Y por último, como dice Daubrée, [2] la composición química del mineral de pantanos se diferencía esencialmente de la composición de los depósitos formados por el derrame de manantiales termominerales, en la cantidad de ácido fosfórico contenido, ácido que sólo se encuentra como huellas en el fierro depositado por manantiales y que existe en cantidad muy notable, de 0,005 á 0,1 por ciento y aun más, en el precipitado formado en los pantanos por la acción de los organismos vegetales, los que viven y mueren en esas aguas, cediendo su ácido fosfórico al peróxido de fierro, por el cual tiene, como es sabido, gran afinidad; y puesto que el mineral de Vaquerías sólo contiene huellas de ácido fosfórico, esta es una prueba más que, unida á las anteriores, funda nuestra opinión al decir que los organismos vegetales no tuvieron intervención alguna en la precipitación del fierro de la localidad en estudio, razón que unida á la falta de cuencas cerradas en la región que permitieran el estancamiento de las aguas, permite asegurar: que los criaderos de Vaquerías no son de origen pantanoso.

La precipitación del fierro en las aguas termales mineralizantes de la región de Vaquerías fué debida, por lo dicho anteriormente, á la disminución de temperatura de esas aguas, las que al contacto del aire perdieron también una parte del ácido carbónico que contuvieron y á favor del cual estaban disueltos el fierro y la silisa, habiéndose depositado el fierro al esta-

1. Daubrée. Les Eaux Subterraines à l'époque actuelle. 1887. T. II, pág. 128.
2. Daubrée. Bull. de la Soc. Géol. de France. Année 1845–46. Pág. 147.

do de peróxido hidratado por la acción oxidante del aire. La disminución de presión y temperatura por una parte, y la oxidación de las soluciones al contacto del aire por otra, fueron sin duda las causas que originaron el depósito del fierro en los criaderos de Vaquerías, los que se asemejan, desde este punto de vista considerados, á los que existen en la región volcánica de Eiffel, [1] en cuya región los manantiales gaseosos del valle de Brohl, que llevan el fierro al estado de bicarbonato, según Bischof, lo depositan en la superficie del suelo bajo forma de peróxido; y son semejantes también á los que se encuentran en las faldas occidentales del Ixtlaccihuatl.

Esas aguas mineralizantes de Vaquerías, al circular sobre las labradoritas y brechas que formaron su lecho, fueron depositando su precipitado siliso ferruginoso, tanto en las oquedades de la superficie como en los lugares de poca pendiente, en los que el escurrimiento fuera muy lento, y penetraron también en la masa porosa de las rocas impregnándolas ó cimentándolas con el mismo precipitado. De esta manera se formaron esas lentes aplastadas que constituyen los criaderos de la mayor parte de los fundos mencionados, y se formaron también los cúmulos de brechas labradoríticas ó rhyolíticas impregnadas con el precipitado siliso ferruginoso, como el que se observa en el fundo llamado Terreros.

Los criaderos de la región en estudio se formaron durante el lapso de tiempo en que las manifestaciones internas del globo se redujeron á la emisión de fumarolas y de manantiales termominerales; pero más tarde, al reanudarse las emisiones de roca eruptiva, una corriente basáltica escurrió por el trayecto que antes siguieran las aguas mineralizantes y cubrió á la mayor parte de los criaderos ferruginosos ya formados, metamorfoseándolos en su parte superior, la que fué parcialmente deshidratada, transformándose la limonita en hematita roja, y apareciendo entonces los semiópalos que se encuentran en la zona superior de esos criaderos.

Solidificados los basaltos que forman el alto de los yacimientos, resbalaron sobre éstos en algunas partes, produciendo por trituración y frotamiento las capas enrelizadas arcillosas que se observan ahora en algunos lugares y hacia el alto de las lentes metalíferas.

Explicada ya la génesis de estos criaderos, pasamos á hacer su ligero estudio económico.

Considerados los criaderos de Vaquerías desde el punto de vista industrial, debemos decir: que son dignos de atención, y que estableciendo el disfrute y tratamiento metalúrgico de una manera adecuada y económica, lo cual es posible, se conseguirá tal vez una extracción normal bastante regular y pueden garantizarse buenas utilidades al capital que se invierta en la explotación de aquellos criaderos.

La forma y posición de los yacimientos de Vaquerías en lentes aplastadas y colocadas en un plano casi horizontal, la gran extensión ocupada por es-

1. Daubrée. Bull. de la Soc. Géol. de France. 1864. Pág. 150.

tas lentes, el estar cortadas por barrancas que las atraviesan en diversas direcciones y la poca cohesión del relleno metalífero, son circunstancias que permiten desarrollar los trabajos mineros en gran escala y con economía, pues se pueden explotar los yacimientos en varios lugares y por socavones abiertos en las barrancas; y además, como el avance de estas obras, lo mismo que las de disfrute, puede ser rápido y de poco costo por la blandura del relleno en la mayor parte de esos criaderos, es posible alcanzar una extracción regular y obtener por lo mismo buenos resultados del tratamiento de aquellos minerales, no obstante su baja ley, que es en promedio 30 por ciento de fierro. A lo anterior se agrega la naturaleza del mineral casi siempre homogénea y el estar constituído por peróxido de fierro, con arcilla, silisa libre, y muy poco fósforo, lo cual permite que sólo con la adición de una pequeña cantidad de cal pueda fundirse con toda facilidad, como se hace ahora en la ferrería de Apulco, y que el fierro producido sea bastante puro y de muy buenas propiedades físicas.

Por otra parte, hay que tener en cuenta las buenas condiciones locales, que permiten trabajar con mucha economía. En efecto, muy cercana á Vaquerías se encuentra una sierra bastante grande y cubierta de monte, lo cual permitirá obtener en la localidad el carbón á bajo precio, tanto más, cuanto que es muy fácil traer este combustible en un ferrocarril Decauville, cuya construcción sería de poco costo y podría moverse por electricidad, aprovechando para esto, así como para mover los ventiladores de la ferrería y algunas otras maquinarias que fueran necesarias, la caída que resulta al desviar las aguas de la barranca de Las Granadas, un poco arriba del salto de este nombre, llevándolas entubadas hasta la barranca Grande para dejarlas caer en un punto cercano al rancho de San Pablo, que se encuentra en el fondo de esa barranca y en donde debería construirse la oficina metalúrgica. La caída anterior proporcionaría sobre trescientos caballos, potencia muy suficiente para los usos indicados, y ubicando en San Pablo la ferrería, se encontraría ésta en el centro de la zona mineralizada y bastante abajo de todas las minas, de las cuales podría deslizarse el mineral por canales que lo condujeran á unos depósitos colocados en el fondo de la ba rranca, aunque siempre arriba de la boca de carga de los hornos, y el transporte del mineral de los depósitos para la ferrería podría hacerse también muy económico por medio de una vía Decauville.

Los jornales son bajos, el clima es bueno, existen todos los elementos de vida y de trabajo á poco costo, combustible bastante, y con buena dirección y administración económica no es dudoso obtener buenas utilidades del disfrute en gran escala de aquellos yacimientos, que si no son muy ricos, se encuentran sí en muy buenas condiciones para su disfrute económico.

Teniendo en cuenta todo lo dicho en esta parte de nuestro informe, podemos resumirla en las siguientes conclusiones:

Primera. Deben considerarse los criaderos de Vaquerías: por su edad, como Pleistocenos; por el origen del metal que los constituye, como de ori-

gen interno y debidos á los fenómenos de la dinámica terrestre interna, á fumarolas desprendidas después de la emisión de la roca labradorítica, relacionadas á esta roca y condensadas bajo la forma de manantiales termominerales de origen volcánico, aguas que lixiviaron á las rocas profundas; por su modo de formación, pertenecen á los depositados por soluciones desparramadas de manantiales y á causa del enfriamiento y oxidación de estas soluciones al contacto del aire; por su forma, son cúmulos con figura de lentes aplastadas; por la estructura de su relleno, deben considerarse como concrecionados y formados por depósitos sucesivos y á veces como impregnaciones de la roca labradorítica; por la naturaleza del relleno, como ferruginosos, formados principalmente por hematita parda; y por su posición, son horizontales, colocados sobre la superficie rugosa y accidentada de un escurrimiento labradorítico y cubiertos por los basaltos posteriores que forman el alto de los criaderos.

Segunda. Considerados los yacimientos de Vaquerías desde el punto de vista industrial, deben considerarse como útiles para el tratamiento metalúrgico del fierro que contienen, y no como explotables para la producción solamente de materias colorantes.



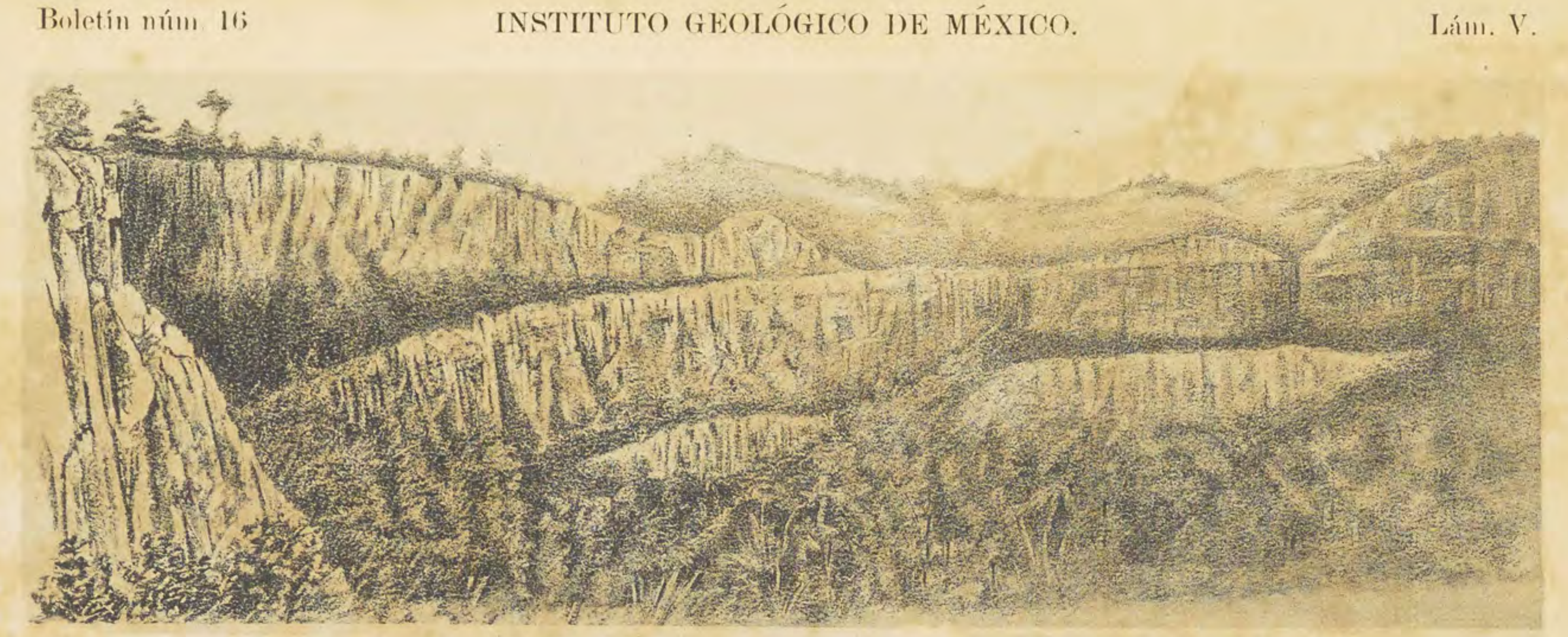
Barranca de las Granadas,
Vaquerias, E. de Hidalgo.

CARLOS GOSSELIN S.C. ANT. LIT. MOREAU. MEXICO.



Barranca de S. Pablo,
Vaquerias, E. de Hidalgo.

CARLOS GOSSELIN. S.C. ANT. LIT. MOREAU. MEXICO.



Barranca de San Pablo, Hacienda de Vaquerías, Estado de Hidalgo.

PUBLICACIONES QUE HAN INGRESADO A LA BIBLIOTECA DEL INSTITUTO GEOLOGICO DURANTE LOS MESES DE JULIO A OCTUBRE DE 1902.

(Las publicaciones marcadas con * fueron compradas, las otras se recibieron en cange ó donación).

***Agassiz L.**—Etudes critiques sur les mollusques fossiles.—Monographie des Myes.—Neuchatel, 1842–1845. 1 vol. 4º pl.

***Barbey** (L'Ixomètre).—Sceaux. 1900. 1 br. 8º

Bodenbender Dr. G.—El Oro. Producción en los últimos 50 años. Reseña histórico–geológico–metalúrgica. Guía general para el reconocimiento y beneficio de los criaderos de dicho metal. Córdoba, 1902.—El Carbón Rhético de las Higueras en la Provincia de Mendoza. Buenos Aires, 1902.

Böse & Ordóñez.—Der Ixtaccihuatl (5,280 m). Eine Bergund Gletscherfahrt in den Tropen.—München (Zeitsch. Deutsch. u. Oesterr. Alpenvereins). 1901.

Buch L. de.—Pétrifications recueillies en Amérique par M. A. de Humboldt et par M. Ch. Degenhardt.—Berlin, 1839. Fol. Pl.

Cohen E.—Das Meteoreisen von N'Goureyma unweit Djenne, Provinz Macina, Sudan. Greifwald, 1902.—Das Meteoreisen von Rafrüti im Emmenthal, Canton Bern, Schweiz.—Ueber ein Meteoreisen von Mukerop, Bezirk Gibeon, Grossnamaland, von *A. Brezina* und *E. Cohen.* Stuttgart, 1902.

***Des Cloizeaux.**—Manuel de Minéralogie.—Paris, 1862–1893. 2 vol. & Atlas. 8º

Elera (Fr. Casto de).—Catálogo Sistemático de toda la Fauna de Filipinas conocida hasta el presente y á la vez el de la Colección Zoológica del Museo de PP. Domínicos del Colegio–Universidad de Santo Tomás de Manila.—Manila, 1895–1896. 3 t. 8º

***Emory H. W.**—Report of the United States and Mexican Boundary Survey.—Washington, 1858. 3 t. 4º fig., pl. & maps.

Etzold F.—Das Wiechertsche astatische Pendelseismometer der Erdbebenstation Leipzig und die von ihm gelieferten Seismogramme von Fernbeben.—Leipzig (Sitz. K. Sächs. Ges. d. Wiss). 1902.

***Frémont J. C.**—Report of the Exploring Expedition to Rocky Mountains in the year 1842 and to Oregon and North California in the years 1843–1844.—Washington. 1845. 8º pl.

***Hervás (Abate Lorenzo).**—Catálogo de las Lenguas de las Naciones conocidas y numeración, división y clases de éstas, según la diversidad de sus idiomas y dialectos.—Madrid, 1800–1805. 6 t. 8º

Kipp H.—Die Basalte des Reichsforst. Ein Beitrag zur Kenntniss der Basalte des Fichtelgebirges. 1895.

Koken E.—Die Deutsche Geologische Gesellschaft.
*Marcy **R. B.**—Exploration of the Red River of Louisiana in the year 1852.—Washington, 1853. 2 t. 8º pl.
Mateos J.—Métodos astronómicos de sencilla aplicación para uso de los topógrafos y exploradores. —México, 1899. Texto y tablas.
***Mourlon M.**—Bibliographia Geologica. Série A, IV. Série B, V.—Bruxelles. 1902.
***Mühlenpfordt E.**—Versuch einer getreuen Schilderung del Republic Mejico besonders in Beziehung auf Geographie, Ethnographie und Statistik.—Hannover, 1844. 2 Bd. 8°
Newberry J. S.—Report of the Exploring Expedition from Santa Fe, New Mexico, to the junction of the Grand and Green Rivers of the Great Colorado of the West, in 1859, under the command of Capt. J. N. Macomb, with Geological Report.—Washington. 1876. 4º pl.
Newton R. B.—Say's Types of Maryland Mollusca. 1902.
Newton R. B. & Holland R.—On Some Fossils from the Islands of Formosa and Riu-Kiu (Loo Choo).—Tokio (Jour. of the Col. of Sc.) 1902.
Œbbeke K.—Beiträge zur Petrographie der Philippinen und der Palau-Inseln. 1881.—Ueber das Gestein von Tacoma-Berg. 1885.—Topas im Fichtelgebirge.—Beiträge zur Kenntniss einiger hessischer Basalte. 1888.—Sur quelques minéraux du Rocher du Capucin et du Riveau-Grand (Mont-Dore).—Ueber Glaukophan und seine Verbreitung in Gesteinen. 1887. —Arsenkies auf dem kornigen Kalk von Wunsiedel. 1890.
Œbbeke & Blanckenhorn.—Geologische Rekognoszierungsreise in Siebenbürgen. 1900.
Oels M.—Beiträge zur Kenntniss einiger Gesteine und Asbeste Corsikas. 1890.
***Owen D. D.**—Report of a Geological Exploration of part of Iowa, Wisconsin, and Illinois.—Washington. 1844. 8° pl.
* —— Second Report of a Geological Reconnaissance of the Middle and Southern Counties of Arkansas. Made during the years 1859 and 1860.—Philadelphia. 1860. 8º pl.
Peñafiel Dr. A.—Nomenclatura Geográfica de México. Etimologías de los nombres de lugar correspondientes á los principales idiomas que se hablan en la República.—México, 1897. Fol. Texto y Atlas.
—— Nombres Geográficos de México. Catálogo alfabético de los nombres de lugar pertenecientes al idioma "Nahuatl."—México. 1885. 4º Texto y Atlas.
Sammet P.—Die in der Sammlung des Mineralogisch-geologischen Instituts der Universität Erlangen. 1901. 8º
Sellheim F.—Beiträg zur Foraminiferenkenntnis der fränkischen Juraformation. 1893.
Steinmann G.—Zur Tektonik des nordschweizerischen Kettenjura. Die Neuaufschliessung des Alpersbacher Stollens. Die Bildungen der letzten Eiszeit im Bereiche des alten Wutachgebiets.—Stuttgart. 1901.
Stübel Alph.—Die Vulkanberge von Ecuador. Geologisch-Topographisch Aufgenomen und Beschrieben.—Berlin. 1897. 4° Fig. & Taf. (Donación del *Dr. P. Grosser*).
Suess E.—La Face de la Terre. Traduit par *Em. de Margerie*. Tome III, 1re. partie.—Paris, 1902. 8º figs.
Ward H. A.—Bacubirito or the great Meteorite of Sinaloa.—Rochester (Proc. Ac. Sc.). 1902. 8º pl.
Wolf Dr. T.—Viajes científicos por la República del Ecuador verificados y publicados por orden del Supremo Gobierno de la misma República. I. Relación de un viaje geognóstico por la Provincia de Loja.—II. Relación de un viaje geognóstico por la Provincia de Aguay.—III Memoria sobre la Geografía y Geología de la Provincia de Esmeraldas.—Guayaquil, 1879. 8° láms.

Acireale.—R. Accademia di Scienze, Lettere e Arti. Rendicoti, 1898-1900.
Adelaide.—Record of the Mines of South Australia. Tarcola and the North-Western District by H Y. L. Brown. 1902.

Aguascalientes.—Memorias del Gobernador del Estado. 1891 y 1899.
Autun.—Société d'Histoire Naturelle. Bulletin, XIV.
Auxerre.—Société des Sciences Historiques et Naturelles de l'Ionne. Bulletin, 55 (1901).
Baltimore.—American Chemical Journal. Vol. 27, n. 6. Vol. 28, n. 1–4.
—— Johns Hopkins University Circulars. Nos. 150–159.
—— Maryland Geological Survey. Report of the Highways. 1899.—2d Report on the Highways. IV, 2.—Public general and public local Laws relating to highways.
Barcelona.—Asociación de Ingenieros Industriales. Revista Tecnológico Industrial. Enero á Junio 1902.
—— Institució Catalana d'Historia Natural. Butletí. Jul. 1902.
—— R. Academia de Ciencias y Artes. Boletín. 3ª época. IV, 16–25.
Basel.—Naturforschenden Gesellschaft. Verhandlungen. XIII, 3.—Zur erinnerung an Tycho-Brahe, 1556–1601.
Baton Rouge.—Geological Survey of Louisiana. Reports, 1899 and 1902.—The Florida Parishes of East Louisiana and the Bluff, Prairie and Hill Lands of S.W. Louisiana by W. W. Clendemin.—The Bluff and Mississippi Alluvial Lands of Louisiana by. W. W. Clendemin.
Bergen.—Bergen Museum. Aarbog. 1901, 1902, I.—Aarsberetning, 1901.—An account of the Crustacea of Norway by G. O. Sars. Vol. IV, parts III–VI.
Berkeley.—University of California. Department of Geology. Bulletin, III, 5.
Berlin.—Deutsche Geologische Gesellschaft. Zeitschrift, LIII, 1901, 4; LIV, 1902, 1.
—— Gesellschaft für Erdkunde. Zeitschrift; 1902, 4–6.
* —— Kalender für Geologen, Palaeontologen und Mineralogen, herausgegeben von Dr. P. Krusch. 5 Jahrgang, 1902.
—— Laboratorium & Museum. W. Junk. III, 1.
—— Naturæ Novitates. 1902, 9–16.
* —— Zeitschrift für Praktische Geologie. X, 1902, 6–8.
***Boston.**—American Academy of Arts and Sciences. Proceedings. Vols. IX–XXVIII & XXXIII.
—— „ „ „ „ XXXVII, 18–23.
Bourg.—Société des Sciences Naturelles et d'Archéologie de l'Ain. Bulletin, n. 27 & 28.
Bruxelles.—Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie. Bulletin, XII, 4; XVI, 2 & 3.
—— Société Royale Belge de Géographie. Bulletin, 1902, 1–3.
—— Société Royale Linnéenne de Bruxelles. Bulletin, 1902, 8.
Bucuresti.—Societatea Geografica Romînă. Buletin, 1902, I.
Cairo.—Geological Survey. A Preliminary Investigation of the Soil and Water of the Fayum Province by A. Lucas.—The desintegration of building stones in Egypt.—Some new Mammals from the upper Eocene of Egypt. 1902.
Cambridge, Mass.—Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College.—Bulletin, XL, 2; XLI, 1.
Cambridge.—Philosophical Society. Proceedings, XI, 6.
Campeche.—Memoria del Gobierno del Estado, 1862.—Informes, 1898, 1899 y 1902.—Censo de 1895.
Catania.—Accademia Gioenia di Scienze Naturali. Bollettino delle sedute. Aprile 1902.
Chalons-sur-Saone.—Société des Sciences Naturelles de Saone-et-Loire. Bulletin; 1902, 1–5.
Chicago.—Field Columbian Museum. Publication 64. Geological Series, I, n. 11 (Meteorite Studies. I. By. O. C. Farrington).
* —— The Journal of Geology. X, 4–6.
Chihuahua.—Memoria del Gobierno del Estado, 1900.
Chilpancingo.—Memorias del Gobierno del Estado, 1872, 1879, 1883, 1886, 1888, 1896 y 1900.
Christiania.—Videnskabs-Selskabet (Société des Sciences). Skrifter (Math.-nat. Klasse), 1901.—Forhandlinger, 1901.
Chur.—Naturforschende Gesellschaft Graubündens. Jahresbericht, XLV, 1901–1902.

Cincinnati.—Cincinnati Museum Association. 21st Annual Report, 1901.
Ciudad Victoria.—Memorias del Gobierno del Estado, 1888, 1890 y 1891–93.
Colima.—Memorias del Gobierno del Estado, 1888, 1889, 1890, 1891, 1892 y 1895.
Columbia, Mo.—The University of Missouri Studies. I, 3.
Davenport.—Davenport Academy. Proceedings, VIII, 1900.
Durango.—Memorias del Gobierno del Estado. 1867, 1873, 1886, 1892, 1896, 1898 y 1900.
Francfort a. O.—Naturwissenschaftliche Verein. Helios, 19 Bd.
Fribourg.—Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles. Bulletin, 1900–1901.—Mémoires; II, 1.
Giessen.—Oberhessische Gesellschaft für Natur-und Heilkunde. 33 Bericht, 1899–1902.
Gotha.—Justhus Perthes' Geographischer Anstalt. Dr. A. Petermanns Mitteilungen, 1902; 6–9.
Granville.—Scientific Laboratories of Denison University. Bulletin, XI, 11, XII, 1.
Groningen.—Natuurkundig Genootschap. 101 Verslag. 1901.
Güstrow.—Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg. Archiv. 1901, II. 1902, I.
Haarlem.—Musée Teyler. Archives, Série II. Vol. VIII, 1.
Habana.—Academia de Ciencias. Anales. XXXVIII, Mayo á Dic. 1901.
Hamilton.—Hamilton Scientific Association. Journal and Proceedings. 1900–1901, 17.
Helsingfors.—Geologiska Kommissionen. Carte Géologique à 1:400000. Sect. C 2, St. Michel.—Industristyrelsen, nos. 32 & 33.—Bulletin, 12 & 13.
Hermosillo.—Memoria del Gobierno del Estado. 1891. 2 t.
Hildesheim.—Roemer-Museum. Bericht, 1899–1901.—Begleitworte zur Geweih-und Gehörn-Sammlung. Von Dr. A. Andreae.
Hobart.—Report on the Coal Field in the Neighbourhood of Recherche Bay, by W. H. Twelvetrees, Gov. Geologist.—The progress of the mineral industry of Tasmania, Dec. 1901, March 1902.
Honolulu.—Bernice Panahi Bishop Museum of Polynesian Ethnology and Natural History. Ocasional Papers. I; 5, 1902.
Houghton.—Michigan College of Mines. Year-book, 1901–1902.
Jalapa.—Memorias del Gobierno del Estado. 1873, 1884, 1888, 1890, 1894, 1896 y 1898.
Kassel.—Verein für Naturkunde. Abhandlungen und Bericht, XLVII, 1901–1902.
Knoxville.—University of Tennessee. Index. Serie III, 7.
Königsberg.—Physikalisch-Oekonomische Gesellschaft. Schriften. XLII, 1901.
Lausanne.—Société Vaudoise des Sciences Naturelles. Bulletin, no. 144.
Lawrence.—Kansas University Quarterly. X, 4.
Leiden.—Rijks Geologisch-Mineralogisch Museum. Sammlungen. VI, 2–5.
***Leipzig.**—Geologisches Centralblatt. II; 1902, 12–20.
—— Verein für Erdkunde. Mitteilungen, 1901.
Liége.—Société Géologique de Belgique. Annales, XXIX, 2 & 3.
Lima.—Dirección de Fomento. Sección de Minas. Año VI. 2º sem. 1901.
—— Revista de Ciencias. Año V, 2–10.
—— Sociedad Geográfica. Boletín. XI, 3º y 4º trim.
Lincoln.—University of Nebraska. The Graduate Bulletin. Series VI, 3.—I, 1 & 3.
Lisbonne.—Commission du Service Géologique du Portugal. Recueil d'études paléontologiques sur la Faune Crétacée. I. Especes nouvelles par P. Choffat. 3e et 4e séries.
***London.**—The Geological Magazine. 1901, 447–450. 1902, 451–460.
* —— Geologists' Association. Proceedings. XVII, 5 & 6.
Lyon.—Académie des Sciences. Mémoires, X.
—— Société d'Agriculture, Sciences et Industrie. Annales, 7e série, VII–VIII, 1899–1900.
Macon.—Académie de Macon. Annales. 3e série, V.
Madrid.—Comisión del Mapa Geológico de España. Memorias. Explicación del Mapa Geológico por L. Mallada, I–IV.—Boletín, XXVI.
Manchester.—Literary and Philosophical Society. Memoirs and Proceedings. Vol. 46, 6.
—— Manchester Museum, Owens College. Notes, no. 8.—Report, 1901–1902.
Marburg.—Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften. Sitzungsberichte, 1901.

Melbourne.—Royal Society of Victoria. Proceedings. New Series. XV, 1.
Mérida.—Boletín de Estadística. VIII, 1901. IX, 1902, 1–26.
México.—Ayuntamiento Constitucional. Boletín Municipal. 1902.—Memorias, 1889–1901.
—— Dirección General de Correos. Cartas Postales. Julio 1901.—Noticia del movimiento probable de vapores, Julio á Oct. 1902.
—— Comisión para el estudio de abastecimiento de aguas de la ciudad de México. Informe sobre el proyecto del Ing. M. Marroquín y Rivera. Estudio sobre las proposiciones de Mackenzie. 1902.
—— Dirección de Estadística. Anuario, VI y VIII.—Boletín demográfico, 1 á 4.—Censos del Distrito Federal y de los Estados de Aguascalientes, Durango, México, Morelos y Sonora.—Cuadro Sinóptico.—División territorial.—División Municipal.
—— Instituto Médico Nacional. Anales, V, 3–5.
—— Junta Directiva del Desagüe. Memoria Histórica, Técnica y Administrativa del Desagüe del Valle de México, 1449–1900. México, 1902. 2 t. y Atlas.
—— El Minero Mexicano. XL, 26.—XLI, 1–17.
—— Museo Nacional. Anales, VII, 9 y 10.
—— Observatorio Meteorológico Central. Boletín mensual; 1901, Ag.–Oct.–Cartas del tiempo; Jul. á Oct. 1902.
—— Secretaría de Fomento. Boletín, 2ª época. Año II, 1–3.—Cuadro Estadístico de la Minería del Estado de Oaxaca por M. Martínez Gracida y C. D. Vázquez. 1884.—El Economista Mexicano, XXIV, 13–26. XXV, 1–4.—Boletín de la Sociedad Agrícola Mexicana. XXVI, 27–36.—Memoria, 1865.—Memoria de la Sección Mexicana de la Comisión Internacional de Límites entre México y los Estados Unidos que restableció los monumentos de El Paso al Pacífico. 2 t. y Atlas.—Informes del Director del Observatorio Astronómico Nacional, Julio 1899 á Dic. 1901.—Revista Agrícola, XVII, 19–22.—La Semana Mercantil; XVIII, 24–30 y 32–43.
—— Secretaría de Hacienda. Boletín de Estadística Fiscal. 1900–1901.—Enero á Mayo 1902.—1er semestre 1901–1902.
—— Sociedad Científica «Antonio Alzate.» Memorias y Revista. XIII, 3 y 4.—XVII, 3–6.—Actas y Resoluciones del 2º Congreso Meteorológico Nacional. Diciembre 1901.
Milwaukee.—Wisconsin Natural History Society. Bulletin, II, 3.
***Minneapolis.**—The American Geologist. I–III; XXIX, XXX, 1–4.
Monterrey.—Memorias del Gobierno del Estado, 1891, 1895 y 1899.
Montpellier.—Académie des Sciences. Catalogue de la Bibliothèque par E. Bonnet. 1re partie 1901.
Morelia.—Memorias del Gobierno del Estado. 1883, 1884, 1886, 1887, 1889, 1890, 1892, y 1892–94.
Nantes.—Société Académique. Annales. 8e série, II, 1901.
—— Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France. Bulletin, 2e série. II, 1.
Napoli.—Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche. Atti. Serie 2, X.—Rendiconto; 1901, 1–12. 1902, 1–7.
Neuchatel.—Société Neuchateloise de Géographie. Bulletin. XIV, 1902–1903.
—— Société Neuchateloise des Sciences Naturelles. Bulletin. XXVII, 1898–99.
Newcastle-upon-Tyne.—North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers. Transactions, LI, 3 & 4.—Subject Matter Index of Mining, Mechanical and Metallurgical Literature. 1900.
***New Haven.**—The American Journal of Science. Jan.–Oct. 1902.
New York.—American Museum of Natural History. Annual Report, 1901.—Bulletin, XVII, 2.
* —— Science. 1902, nos. 390–408.
* —— The Engineering and Mining Journal. LXXIII, 25 & 26. LXXIV, 1–15.
* —— The Mineral Industry. Its Statistics, Technology and Trade in the United States and other countries to the end of 1901.
Novo-Alexandria.—Annuaire Géologique et Minéralogique de la Russie. V, 4 & 5. VI, 1.
Oaxaca.—Memorias del Gobierno del Estado. 1895, 1897, 1898, 1999, 1900 y 1901.

Ottawa.—Geological Survey of Canada. Annual Report, IV–XI.—Contributions to Canadian Paleontology; I, 4 & 5, II, 1 & 2; III, 1, IV, 1 & 2.
Pará.—Museu Paraense di Historia Natural e Ethnographia. Boletim, III, 2.
***Paris.**—Annales des Mines. 1902, 4–7.
—— Feuille des Jeunes Naturalistes. 1902, 381–384.
—— Musée d'Histoire Naturelle. Bulletin. 1901, 7 & 8. 1902, 1–4.
* —— Revue Générale des Sciences pures et appliquées. 1902, 1–18.
* —— Services de la Carte Géologique de la France et des Topographies souterraines. Bulletin, XII, 86 & 87. XIII.
* —— Société Géologique de France. Bulletin, 4e série, I, 1901, 5.
Paterson.—New Jersey Historical Society. Proceedings, III, 1.
Perth.—Supplement to Government Gazette of Western Australia. 1901, 26–28; 1902, 29–34.
—— Geological Survey. Bulletin, 6.
***Philadelphia.**—Academy of Natural Sciences. Proceedings, 1841–1891.
—— American Philosophical Society. Proceedings. XLI, 1902, 169 & 170.
—— Franklin Institute. Journal. 1902, Sept. & Oct.
Porto.—Annaes de Sciencias Naturaes publicados por Augusto Nobre. VII, 1901.
Prag.—Deutschen Naturwissenschaftlich medicinischen Vereines für Böhmen «Lotos.» Abhandlungen, II, 3 & 4.—Sitzungsberichte, XX & XXI, 1900 & 1901.
—— K. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. Jahresbericht, 1901.—Sitzungsberichte (Nath.-math. Classe), 1901.
***Princeton, N. J.**—Princeton University. J. Pierpont Morgan Publication Fund. Report of the Princeton University Expeditions to Patagonia. 1896–1899. Vol. IV, Palaeontology. Parts I & II. 1901 & 1902.
Puebla.—Observatorio Meteorológico del Colegio del Estado. Boletín mensual. Jun.–Ag. 1902.
***Québec.**—Le Naturaliste Canadien. I–XXVI.
—— Le Naturaliste Canadian. XXIX, 5–9.
—— Université Laval. Annuaire, 1902–1903.
Querétaro.—Memorias del Gobierno del Estado. 1879, 1882, 1887, 1891 y 1898.
Quito.—Universidad Central. Anales, XVI, 116–118. 1902.
Roma.—R. Comitato Geologico d'Italia. Bollettino. 1900, 1901, 1902, 1 & 2.
—— Società Geologica Italiana. Bollettino. XX, 1901.
Saint Pétersbourg.—Comité Géologique Mémoires. IX, 4 & 5.—Explorations géologiques dans les régions aurifères de la Sibérie. Iénissei, 1 & 2. Léna, 1. Amour, 1 & 2.
—— Académie des Sciences. Bulletin, XIII, 1900, 4 & 5. XIV & XV, 1901. XVI, 1902, 1–3.—Catalogue de la Bibliothèque. Publications en russe.
Saltillo.—Memorias de Hacienda del Gobierno del Estado. 1899–900 y 1900–901.
San Juan Bautista.—Memorias del Gobierno del Estado. 1890 y 1900.
San Luis Potosí.—Memorias del Gobierno del Estado. 1874 y 1899.
Santiago.—Société Scientifique du Chili. Actes. XI, 1901, 4 & 5.
Siena.—Rivista Italiana di Scienze Naturali. 1902, 3–6.—Bollettino del Naturalista. XXII, 3–7.
Singapore.—Straits Branch of the R. Asiatic Society. Journal. Nos. 36 & 37, Jul. 1901 & Jan. 1902.
Solothurn.—Naturforschende Gesellschaft. Mitteilungen, XIII.—Bericht, 1 heft.
Springfield.—Museum of Natural History. Report, May 1901 & 1902.
Stafford.—North Staffordshire Field Club. Annual Report and Transactions. XXXVI, 1901–1902.
Stockholm.—Geologiska Föreningens. Förhandlinger. No. 215 (Maj 1902, Bd. 24, heft 5).
***Stuttgart.**—Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie. 1902, 12–18.
* —— Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie. 1902, II, 1 & 2.—Beilage Band, XV, 2.
* —— Palaeontographica. XLIX, 2.
Sydney.—Geological Survey of New South Wales. Handbook to the Mining and Geological Museum by G. W. Card. 1902.—Records, VII, part. II.

Sidney.—Linnean Society of N. S. W. Proceedings, 104.
Tokyo.—Geographical Society. Journal. XIV, 1902, 157–162.
—— Geological Survey. Higashiyama Oil Field, Echigo.
—— Imperial Earthquake Investigation Committee. Publications, 1902, 8 & 9.
Toluca.—Instituto Científico y Literario. Boletín, V, 4–7.
—— Revista Científica y Boletín Meteorológico, V, 4–6.
***Toronto.**—Canadian Institute. Transactions, I–III, IV, 1.
—— Bureau of Mines. Report, XI, 1902.
Toulouse.—Société d'Agriculture de la Haute-Garonne. Journal d'Agriculture pratique. Mai à Juin 1902.
Trenton.—Geological Survey of New Jersey. Annual Report of the State Geologist. 1884–1894 & 1901.—Final Report, II (1 & 2), III & IV.
Trencsén.—Naturwissenschaftliche Verein des Trencsiner Comitates. Jahreshefte. XXIII–XXIV 1900–1901.
Vermilion.—South Dakota Geological Survey. Bulletin, 3.
Victoria, B. C.—Annual Report of the Minister of Mines. 1901.
Washington.—Biological Society. Proceedings, XV, pp. 121–211.
—— Georgetown University. A Catalogue of the Officers and Students. 1901–1902.
—— Smithsonian Institution. Annual Report, 1895–1900.
—— U. S. Geological Survey. 21st Annual Report, parts V & VII.—The Geological and Mineral Resources of the Copper River District, Alaska.—Reconnaissances in the Cape Nome and Norton Bay Regions, Alaska, in 1900.—Bulletins, 179, 182, 188, 189, 190, 192, 193 & 194.—Monographs, XLI.
—— U. S. National Museum. Separates of Bulletins, Proceedings and Reports.
Wien.—K. K. Geologische Reichanstalt. Jahrbuch. LI, 1901. LII, 1902, 1.—Verhandlungen, 1902, 7–10.
—— K. K. Naturhistorische Hofmuseum. Annalen. XV, 3 & 4. XVI, 1–4.
—— K. K. Geologische Reichanstalt.—Verhandlungen, 1887–1891 & 1894.—Register, 1871–1880. (*Dr. E. Böse*).
Zacatecas.—Memorias del Gobierno del Estado. 1870, 1871, 1874, 1889, 1892 y 1897.

L'Institut Géologique National du Mexique

recevra avec grand intérêt les publications concernant la Géologie, la Géographie physique et l'Histoire Naturelle en général, en échange de son BULLETIN *qui se publie par cahiers in 4º avec figures et planches. Le numéro 1 de ce recueil a paru en 1895 avec le titre de* BOLETÍN DE LA COMISIÓN GEOLÓGICA DE MÉXICO.

L'Institut vient d'être installé définitivement dans son nouveau bâtiment 5ª DEL CIPRÉS NUM. 2728; *on est prié de vouloir bien prendre note de sa nouvelle adresse, et aussi de son indépendance absolue de l'École des Ingénieurs dont il a reçu autrefois une gracieuse hospitalité.*

Adresse:

Instituto Geológico de México.
5ª del Ciprés, núm. 2728.
MEXICO, D. F.
MEXIQUE.
Amérique du Nord.

On est prié instamment d'accuser réception. Dans le cas où cette formalité aurait été négligée, on serait considéré comme ne désirant plus continuer à recevoir les publications de l'Institut Géologique du Mexique.

